BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

VẬT LÍ 10

Nâng cao





NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

NGUYỄN THẾ KHÔI (Tổng Chủ biên)
PHẠM QUÝ TƯ (Chủ biên)
LƯƠNG TẤT ĐẠT - LÊ CHÂN HÙNG
NGUYỄN NGỌC HƯNG - PHẠM ĐÌNH THIẾT
BÙI TRỌNG TUÂN - LÊ TRỌNG TƯỜNG

VẬT LÍ 10

Nâng cao

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

Ghi chú về hai cột sách

Phần lớn các trang sách có 2 cột : cột phụ gồm một số hình vẽ và những biểu bảng, những ghi chú và ví dụ cụ thể để làm rõ hơn kiến thức trình bày ở cột chính. Học sinh không cần phải nhớ số liệu trong các biểu bảng, chỉ cần hiểu, không cần phải học thuộc những ví dụ và ghi chú ở cột phụ. Trong cột phụ có những câu hỏi kí hiệu C dùng để nêu vấn đề và gợi mở trong giờ học.

51-2006/CXB/47-30/GD

Mã số : NH005M6

1 - VL10.NC - B

PHẦN MỘT



Thế giới vật chất xung quanh ta và trong vũ trụ rất đa dạng, phong phú và luôn luôn biến đổi. Vật lí học nghiên cứu những tính chất đơn giản và khái quát nhất của thế giới vật chất, những quy luật xác định cấu trúc của vật chất và của vũ trụ dựa vào vật chất và năng lượng chứa trong vũ trụ. Các quy luật ấy không liên quan đến những biến đổi hoá học, mà liên quan đến các lực tồn tại giữa các vật và mối quan hệ tương hỗ giữa vật chất và năng lượng. Những kiến thức vật lí là cơ sở cho các khoa học khác về tự nhiên và cho các ngành công nghệ học.

Ở trình độ ban đầu, có thể phân chia vật lí học thành một số lĩnh vực : cơ học, nhiệt học, điện từ học, quang học, vật lí học nguyên tử. Học kĩ hơn thì có thể gặp những phần của vật lí học nghiên cứu đồng thời những hiện tượng thuộc nhiều lĩnh vực nói trên, ví dụ như phần dao động và sóng nghiên cứu cả dao động cơ và dao động điện.

Cơ học, phần đầu của vật lí học, khảo sát những quá trình đơn giản nhất của vật lí học, đó là sự dời chỗ của các vật thể vật chất trong không gian, sự dời chỗ đó gọi là chuyển động cơ. Mục tiêu của cơ học là xác định vị trí của một vật vào một thời điểm bất kì, dựa vào tương tác của các vật khác với vật ấy. Phần của cơ học khảo sát chuyển động của một vật mà chưa xét tới tác dụng của những vật khác làm biến đổi chuyển động ấy gọi là động học. Phần của cơ học có xét đến tác dụng của những vật khác lên chuyển động của một vật gọi là động lực học. Phần của cơ học khảo sát trạng thái cân bằng của vật dưới tác dụng của các vật khác gọi là tĩnh học.

CHƯƠNG I

Động học chất điểm



Các vận động viên xe đạp đang tranh tài. Họ cố gắng hết sức để về tới đích nhanh nhất. Họ đang thực hiện những chuyển động cơ.

Chương này khảo sát chuyển động thẳng và tròn mà chưa xét đến nguyên nhân làm biến đổi chuyển động. Ta xây dựng những khái niệm : vận tốc, gia tốc và vận dụng chúng để mô tả và nghiên cứu đặc điểm của hai dạng chuyển động nói trên.



CHUYỂN ĐỘNG CƠ

Chuyển động của các vật xảy ra hằng ngày xung quanh ta : ô tô, xe máy, người đi lại trên đường phố...





Hình 1.1 Ô tô chuyển động so với cây cối bên đường



Hình 1.2 Người trên ô tô thấy cây cối bên đường như chạy ngược lại

1. Chuyển động cơ là gì ?

Chuyển động cơ là sự dời chỗ của vật theo thời gian. Khi vật dời chỗ thì có sự thay đổi khoảng cách giữa vật và những vật khác được coi như đứng yên. Vật đứng yên gọi là *vật mốc*.

Đối với người đứng bên đường thì cây là đứng yên, ô tô là chuyển động (Hình 1.1), nhưng đối với người ngồi trên ô tô thì cây và người bên đường chuyển động còn người ngồi bên cạnh là đứng yên (Hình 1.2). Vậy *chuyển động cơ có tính tương đối.*

Để nghiên cứu chuyển động, trước hết cần chọn một vật làm vật mốc. Thông thường, ta lấy một vật gắn với Trái Đất làm vật mốc, ví dụ cột số bên đường, mặt bàn trong phòng thí nghiệm...

2. Chất điểm. Quỹ đạo của chất điểm

Mọi vật đều có hình dạng, kích thước nhất định. Tuy nhiên, khi nghiên cứu chuyển động của quả bóng bay vào gôn, hay của một ô tô chạy trên đường, ta nhận thấy kích thước của quả bóng nhỏ so với đường bay, kích thước của ô tô nhỏ so với quãng đường đi được. Trong những trường hợp kích thước của vật nhỏ so với phạm vi chuyển động của nó, ta có thể coi vật như một chất điểm, chỉ như một điểm hình học và có khối lượng của vật.

Khi chuyển động, chất điểm vạch một đường trong không gian gọi là *quỹ đạo*.

C1 Hãy so sánh kích thước của Trái Đất với bán kính quỹ đạo quanh Mặt Trời của nó. Biết $R_{TĐ}$ = 6400 km ; $R_{qđ} \approx$ 150 000 000 km.

Có thể coi Trái Đất là một chất điểm trong chuyển động trên quỹ đạo quanh Mặt Trời được không ?

Chất điểm là một khái niệm trừu tượng không có trong thực tế nhưng rất thuận tiện trong việc nghiên cứu chuyển động của các vật.



a)



b)

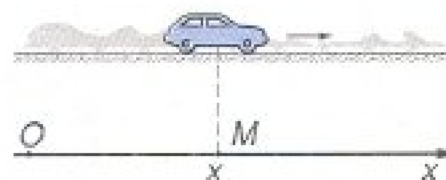
Hình 1.3 Những vệt mưa rơi cho ta hình ảnh quỹ đạo của giọt nước

a) Đối với người đứng trên lề đường.

b) Đối với người ngồi trên ô tô đang chạy.

3. Xác định vị trí của một chất điểm

Xét chuyển động của một ô tô chạy trên con đường thẳng. Để đơn giản, ta coi ô tô như một chất điểm và con đường như một đường thẳng. Muốn xác định vị trí của ô tô tại điểm M, ta chọn một điểm O trên đường làm mốc và gắn vào nó một hệ toạ độ. Vị trí của điểm M được xác định bằng các toạ độ của nó trong hệ toạ độ nói trên. Thường người ta chọn trục Ox trùng với đường thẳng quỹ đạo. Khi đó, vị trí của ô tô tại điểm M được xác định bằng toạ độ $x = \overline{OM}$ của điểm M.



Hình 1.4 Vị trí của ô tô tại điểm M được xác định bằng toạ độ $x = \overline{OM}$.

Toạ độ x là dương khi chiều từ O đến M cùng chiều dương của trục Ox. Ngược lại, x là âm khi chiều từ O đến M ngược chiều dương của trục Ox.



Hình 1.5 Cột số trên đường

Các cột số trên đường giao thông có thể coi là các vạch chia dùng để xác định vị trí của xe cộ chạy trên đường.

C2 Toạ độ của một điểm có phụ thuộc gốc *O* được chọn không ?

Bảng giờ tàu Thống Nhất Bắc Nam S1
(Số liệu năm 2003)

Ga	Giờ đến	Giờ dời ga
Hà Nội		19 h 00 min
Vinh	0 h 34 min	0 h 42 min
Huế	7 h 50 min	7 h 58 min
Đà Nẵng	10 h 32 min	10 h 47 min
Nha Trang	19 h 55 min	20 h 03 min
Sài Gòn	4 h 00 min	

Bảng giờ tàu chỉ thời điểm tàu khởi hành, tàu đến ga. Đó là khoảng thời gian tính từ gốc 0 h lúc nửa đêm cùng ngày đến lúc đó.

Như vậy, để xác định vị trí của một chất điểm, người ta chọn một vật mốc, gắn vào đó một hệ toạ độ, vị trí của chất điểm được xác định bằng toạ độ của nó trong hệ toạ độ này

4. Xác định thời gian

Khi vật chuyển động, vị trí của nó thay đổi theo thời gian. Muốn xác định chuyển động ta cần phải đo thời gian. Để xác định khoảng thời gian, người ta dùng *đồng hồ*. Đơn vị khoảng thời gian (còn gọi tắt là thời gian) trong hệ đo lường quốc tế SI (hệ đo lường chính thức của nước ta về cơ bản trùng với hệ đo lường này) là giây, viết tắt bằng chữ s. Ngoài ra còn một số đơn vị khác như phút (min), giờ (h),...

Muốn xác định thời điểm xảy ra một hiện tượng nào đó, người ta chọn một gốc thời gian và tính khoảng thời gian từ gốc đến lúc đó. Ví dụ, thời điểm trống vào học là 7 giờ sáng, tức là khoảng thời gian kể từ nửa đêm lấy làm gốc 0 giờ đến lúc đó là 7 giờ.

Như vậy, để xác định thời điểm, ta cần có một đồng hồ và chọn một gốc thời gian. Thời gian có thể được biểu diễn bằng một trục số, trên đó gốc 0 được chọn ứng với một sự kiện xảy ra.

5. Hệ quy chiếu

Theo trên, muốn nghiên cứu chuyển động của một chất điểm, trước hết ta cần chọn một vật mốc, gắn vào đó một hệ toạ độ để xác định vị trí của nó và chọn một gốc thời gian gắn với một đồng hồ để xác định thời gian.

Một vật mốc gắn với một hệ toạ độ và một gốc thời gian cùng với một đồng hồ hợp thành một hệ quy chiếu.

Hệ quy chiếu = Hệ toạ độ gắn với vật mốc
+ đồng hồ và gốc thời gian

6. Chuyển động tịnh tiến

Quan sát một ô tô chạy trên đường thẳng, ta nhận thấy quỹ đạo của mọi điểm của khung xe đều là những đường thẳng song song với mặt đường. Trường hợp một đu quay thẳng đứng đang quay thì các điểm của khoang ngồi có quỹ đạo là những vòng tròn bán kính bằng nhau (Hình 1.6). Ta nói rằng ô tô và khoang ngồi của đu quay *chuyển động tịnh tiến*, ô tô chuyển động tịnh tiến thẳng, khoang ngồi chuyển động tịnh tiến tròn.

Tổng quát, *khi vật chuyển động tịnh tiến, mọi điểm của nó có quỹ đạo giống hệt nhau, có thể chồng khít lên nhau được*. Vì thế, muốn khảo sát chuyển động tịnh tiến của một vật, ta chỉ cần xét chuyển động của một điểm bất kì của nó.

Quỹ đạo của một vật chuyển động tịnh tiến có thể là một đường cong, chứ không nhất thiết là thẳng hay tròn.



Hình 1.6 Đu quay

Vài kỉ lục thế giới

		Thời gian	Năm
Chạy			
100 m	Nam	9,78 s	2002
400 m	Nam	43,18 s	1999
	Nữ	47,65 s	1995
1 500 m	Nam	3 min 32,07 s	2000
	Nữ	3 min 50,48 s	1993
Đi bộ			
20 km	Nam	1 h 17 min 22 s	2001
	Nữ	1 h 23 min 50 s	2001

C3 Có thể lấy gốc thời gian bất kì để đo kỉ lục chạy được không ?

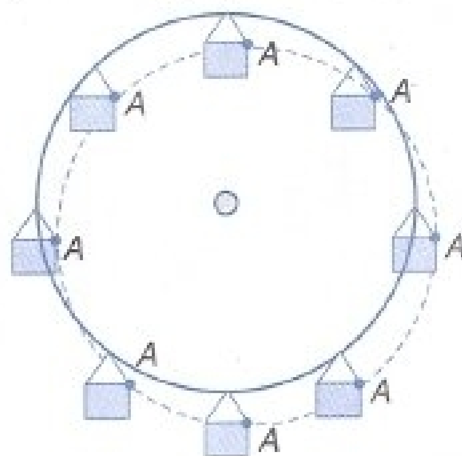
Phương trình chuyển động

Khi chất điểm chuyển động thì toạ độ x của chất điểm biến đổi theo thời gian. Phương trình biểu diễn sự phụ thuộc của toạ độ x vào thời gian t

$$x = f(t)$$

gọi là phương trình chuyển động của chất điểm. Biết phương trình chuyển động, có thể mô tả đầy đủ chuyển động.

C4 Khi đu quay hoạt động, bộ phận nào của đu quay chuyển động tịnh tiến, bộ phận nào quay ?



Quỹ đạo của điểm A thuộc một khoang ngồi khi đu quay chuyển động

CÂU HỎI

1. Các câu nào dưới đây là sai ? Hãy giải thích tại sao.

   a) Một vật là đứng yên nếu khoảng cách từ nó đến vật mốc luôn luôn có giá trị không đổi.

   b) Mặt Trời mọc ở đằng Đông, lặn ở đằng Tây vì Trái Đất quay quanh trục Bắc – Nam từ Tây sang Đông.

   c) Khi xe đạp chạy trên đường thẳng, người trên đường thấy đầu van xe vẽ thành một đường tròn.

   d) Đối với đầu mũi kim đồng hồ thì trục của nó là đứng yên.

   đ) Toạ độ của một điểm trên trục *Ox* là khoảng cách từ gốc *O* đến điểm đó.

   e) Đồng hồ dùng để đo khoảng thời gian.

   g) Giao thừa năm Bính Tuất là một thời điểm.

BÀI TẬP

1. Dựa vào **Bảng giờ tàu Thống Nhất Bắc Nam S1** trong bài, hãy xác định khoảng thời gian tàu chạy từ ga Hà Nội đến ga Sài Gòn.
2. Dựa vào **Bảng giờ tàu Thống Nhất Bắc Nam S1,** hãy xác định khoảng thời gian tàu chạy từ ga Hà Nội đến từng ga trên đường đi. Biểu diễn trên trục thời gian các kết quả tìm được, kể cả thời gian tàu đỗ ở các ga. Lấy gốc *O* là lúc tàu xuất phát từ ga Hà Nội và cho tỉ lệ 1 cm tương ứng với 2 giờ.
3. Chuyến bay của hãng Hàng không Việt Nam từ Hà Nội đi Pa-ri (Cộng hoà Pháp) khởi hành vào lúc 19 h 30 min giờ Hà Nội ngày hôm trước, đến Pa-ri lúc 6 h 30 min sáng hôm sau theo giờ Pa-ri. Biết giờ Pa-ri chậm hơn giờ Hà Nội 6 giờ, hỏi lúc máy bay đến Pa-ri là mấy giờ theo giờ Hà Nội ? Thời gian bay là bao nhiêu ?

2 VẬN TỐC TRONG CHUYỂN ĐỘNG THẲNG CHUYỂN ĐỘNG THẲNG ĐỀU

Chuyển động của một chất điểm trên một quỹ đạo thẳng gọi là chuyển động thẳng.

1. Độ dời

a) Độ dời

Xét một chất điểm chuyển động theo một quỹ đạo bất kì. Tại thời điểm t_1, chất điểm ở vị trí M_1. Tại thời điểm t_2, chất điểm ở vị trí M_2. Trong khoảng thời gian $\Delta t = t_2 - t_1$, chất điểm đã dời vị trí từ điểm M_1 đến điểm M_2. Vectơ $\overrightarrow{M_1M_2}$ gọi là *vectơ độ dời* của chất điểm trong khoảng thời gian nói trên.

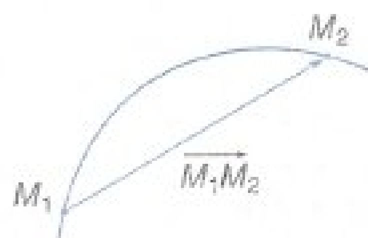
b) Độ dời trong chuyển động thẳng

Trong chuyển động thẳng, vectơ độ dời nằm trên đường thẳng quỹ đạo. Nếu chọn trục toạ độ Ox trùng với đường thẳng quỹ đạo thì vectơ độ dời có phương trùng với trục ấy. Giá trị đại số của vectơ độ dời $\overrightarrow{M_1M_2}$ bằng :

$$\Delta x = x_2 - x_1 \quad (2.1)$$

trong đó x_1, x_2 lần lượt là toạ độ của các điểm M_1 và M_2 trên trục Ox.

Trong chuyển động thẳng của một chất điểm, thay cho xét vectơ độ dời $\overrightarrow{M_1M_2}$, ta xét giá trị đại số Δx của vectơ độ dời và gọi tắt là *độ dời*.



a) Vectơ độ dời trong chuyển động cong

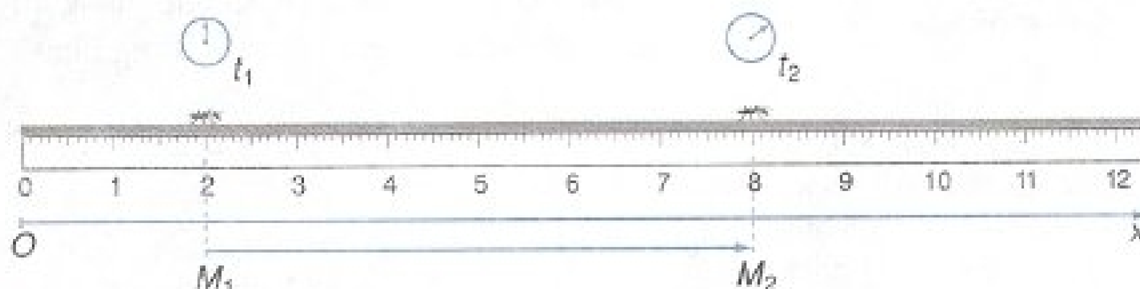


b) Vectơ độ dời trong chuyển động thẳng

Hình 2.1 Độ dời $\overrightarrow{M_1M_2}$

C1 Một đại lượng vectơ được xác định bởi các yếu tố nào ?

C2 Giá trị đại số Δx của vectơ độ dời có nói lên đầy đủ các yếu tố của vectơ độ dời không ?



Hình 2.2 Độ dời của con kiến trên trục Ox

$\Delta x = x_2 - x_1 = 8\text{ cm} - 2\text{ cm} = 6\text{ cm}$.

x_1, x_2 là toạ độ của một điểm xác định trên con kiến tại các thời điểm t_1 và t_2

C3 Độ lớn của độ dời có bằng quãng đường đi được của chất điểm không ?

Quãng đường đi của con kiến :

Từ vạch 2 cm đến vạch 8 cm : 6 cm.
Từ vạch 8 cm đến vạch 12 cm : 4 cm.
Từ vạch 12 cm trở về vạch 8 cm : 4 cm.
Tổng cộng : 14 cm.

C4 Khẩu hiệu trong các cuộc thi điền kinh là cao hơn, nhanh hơn, xa hơn. Điều đó liên quan đến đại lượng nào trong vật lí ?



Hình 2.3

Tại SEAGAMES 23 năm 2005 (Phi-lip-pin), vận động viên Đỗ Thị Bông đã giành Huy chương vàng môn chạy 800 m với thành tích 2 min 2,66 s, phá kỉ lục SEAGAMES.

C5 Giả sử chị Đỗ Thị Bông chạy trên một đường thẳng thì vận tốc trung bình của chị bằng 6,5 m/s. Vận tốc này có đặc trưng chính xác cho tính chất nhanh chậm của chuyển động của chị tại mọi thời điểm không ?

Độ dời = Độ biến thiên toạ độ
= Toạ độ lúc cuối – Toạ độ lúc đầu

2. Độ dời và quãng đường đi

Khi chất điểm chuyển động, quãng đường nó đi được có thể không trùng với độ dời của nó.

Ví dụ ở Hình 2.2 cho thấy, quãng đường đi được của con kiến trùng với độ dời của nó và bằng 6 cm. Thế nhưng nếu con kiến bò quá vạch 8 cm, ví dụ đến vạch 12 cm rồi mới quay trở về vạch 8 cm thì quãng đường đi được là 14 cm, còn độ dời vẫn là 6 cm.

Như thế, nếu chất điểm chuyển động theo một chiều và lấy chiều đó làm chiều dương của trục toạ độ thì độ dời trùng với quãng đường đi được.

3. Vận tốc trung bình

Vectơ vận tốc trung bình $\vec{v}_{tb}$ của chất điểm trong khoảng thời gian từ t_1 đến t_2 bằng thương số của vectơ độ dời $\overrightarrow{M_1M_2}$ và khoảng thời gian $\Delta t = t_2 - t_1$:

$$\vec{v}_{tb} = \frac{\overrightarrow{M_1M_2}}{\Delta t} \qquad (2.2)$$

Vectơ vận tốc trung bình có phương và chiều trùng với vectơ độ dời $\overrightarrow{M_1M_2}$.

Trong chuyển động thẳng, vectơ vận tốc trung bình $\vec{v}_{tb}$ có phương trùng với đường thẳng quỹ đạo. Chọn trục toạ độ Ox trùng với đường thẳng quỹ đạo thì giá trị đại số của vectơ vận tốc trung bình bằng :

$$v_{tb} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \qquad (2.3)$$

trong đó x_1, x_2 là toạ độ của chất điểm tại các thời điểm t_1 và t_2. Vì đã biết phương của vectơ vận tốc trung bình $\vec{v}_{tb}$, ta chỉ cần xét giá trị đại số của nó và gọi tắt là vận tốc trung bình.

Vận tốc trung bình	=	$\frac{\text{Độ dời}}{\text{Thời gian thực hiện độ dời}}$

Đơn vị của vận tốc trung bình là m/s hay km/h.

Ở lớp 8, ta đã biết tốc độ trung bình của chuyển động được tính như sau :

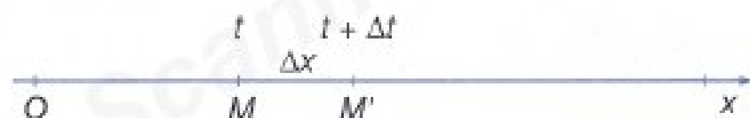
Tốc độ trung bình	=	$\frac{\text{Quãng đường đi được}}{\text{Khoảng thời gian đi}}$

Tốc độ trung bình đặc trưng cho độ nhanh chậm của chuyển động của chất điểm trong khoảng thời gian ấy. Trong trường hợp chất điểm chỉ chuyển động theo một chiều và ta chọn chiều đó làm chiều dương của trục toạ độ thì độ dời trùng với quãng đường đi được và vận tốc trung bình bằng tốc độ trung bình.

Vận tốc trung bình của chất điểm trong khoảng thời gian từ t_1 đến t_2 cho biết, nếu chất điểm giữ nguyên vận tốc bằng vận tốc trung bình thì trong khoảng thời gian đó nó sẽ đi được quãng đường $\overline{M_1M_2}$ từ M_1 đến M_2.

4. Vận tốc tức thời

Xét vận tốc trung bình của một chất điểm chuyển động thẳng trong khoảng thời gian từ t đến $t + \Delta t$ (Hình 2.5).



Hình 2.5
Vào thời điểm t, chất điểm ở vị trí M có toạ độ x, vào thời điểm $t + \Delta t$ chất điểm ở vị trí M' có toạ độ $x + \Delta x$.

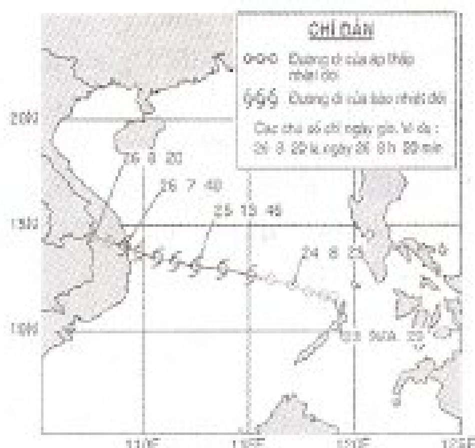


Hình 2.4 *Tốc kế trên xe máy*
Trên xe máy có gắn đồng hồ chỉ tốc độ (còn gọi là tốc kế). Các phương tiện giao thông khác như ô tô, tàu hoả, máy bay... đều có gắn tốc kế.

Chọn Δt rất nhỏ, nhỏ đến mức gần bằng 0. Trong khoảng thời gian rất nhỏ này, chất điểm chỉ chuyển động theo một chiều và vận tốc trung bình v_{tb} có độ lớn trùng với tốc độ trung bình

$$|v_{tb}| = \frac{|\Delta x|}{\Delta t} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Khi đó v_{tb} đặc trưng cho độ nhanh chậm và chiều của chuyển động.



Hình 2.6 Sự hình thành và đường đi của một cơn bão ở Biển Đông

Áp thấp nhiệt đới trở thành bão ở vị trí 115 kinh độ Đông, 12,5 vĩ độ Bắc và di chuyển theo hướng Tây Bắc vào bờ biển miền Trung nước ta. Nhờ biết được tốc độ và hướng đi của cơn bão mà chúng ta đã phòng chống tốt, giảm thiểu thiệt hại về người và của.

Ta có thể dùng vectơ vận tốc trung bình $\vec{v}_{tb}$ khi Δt rất nhỏ để đặc trưng cho phương, chiều, độ nhanh chậm của chuyển động và gọi đó là vectơ vận tốc tức thời tại thời điểm t. Vậy :

Vectơ vận tốc tức thời tại thời điểm t, kí hiệu là $\vec{v}$, là thương số của vectơ độ dời $\overline{MM'}$ và khoảng thời gian Δt rất nhỏ (từ t đến $t + \Delta t$) thực hiện độ dời đó

$$\vec{v} = \frac{\overline{MM'}}{\Delta t} \quad \text{(khi } \Delta t \text{ rất nhỏ)} \qquad (2.4)$$

Vectơ vận tốc tức thời trong chuyển động thẳng nằm trên đường thẳng quỹ đạo. Giá trị đại số của vectơ vận tốc tức thời trên trục Ox gọi là vận tốc tức thời, kí hiệu là v :

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad \text{(khi } \Delta t \text{ rất nhỏ)} \qquad (2.5)$$

Vận tốc tức thời v tại thời điểm t đặc trưng cho chiều và độ nhanh chậm của chuyển động tại thời điểm đó.

Mặt khác, khi Δt rất nhỏ thì độ lớn của độ dời bằng quãng đường đi được, ta có

$$\frac{|\Delta x|}{\Delta t} = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad \text{(khi } \Delta t \text{ rất nhỏ)} \qquad (2.6)$$

tức là ***độ lớn của vận tốc tức thời luôn luôn bằng tốc độ tức thời.***

Sau này, nếu không có gì lầm lẫn thì người ta gọi vận tốc tức thời là vận tốc. Khi chỉ nói đến độ lớn, ta có thể dùng từ vận tốc hay tốc độ để chỉ độ lớn của vectơ vận tốc.

Ghi chú : Theo định nghĩa chung thì vận tốc là thương số của vectơ độ dời $\overline{MM'}$ chia cho thời gian Δt thực hiện độ dời đó. Khi chọn trục toạ độ trùng với phương của vận tốc thì giá trị đại số của vận tốc, nếu không nhầm lẫn, cũng gọi tắt là vận tốc.

Trong chương này, để luôn luôn nhắc nhở sự khác nhau giữa hai khái niệm được gọi cùng một tên, đã phân biệt

$$\text{vectơ vận tốc} = \frac{\text{vectơ độ dời}}{\text{thời gian thực hiện}}$$

vận tốc = giá trị đại số của vectơ vận tốc

5. Chuyển động thẳng đều

a) Định nghĩa : **Chuyển động thẳng đều là chuyển động thẳng, trong đó chất điểm có vận tốc tức thời không đổi.**

b) Phương trình chuyển động thẳng đều

Gọi x_0 là toạ độ của chất điểm tại thời điểm ban đầu $t_0 = 0$, x là toạ độ tại thời điểm t sau đó. Vận tốc của chất điểm bằng :

$$v = \frac{x - x_0}{t} = \text{hằng số} \qquad (2.7)$$

Từ đó : $x - x_0 = vt$

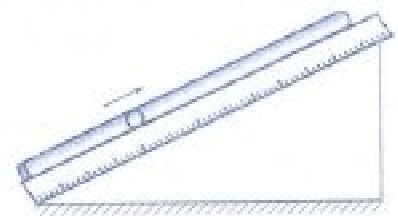
$$x = x_0 + vt \qquad (2.8)$$

toạ độ x là một hàm bậc nhất của thời gian t.

Công thức (2.8) gọi là *phương trình chuyển động của chất điểm chuyển động thẳng đều.*

Chuyển động của bọt không khí

Chuyển động của bọt không khí trong một ống dài (Hình 2.7) là một ví dụ về chuyển động thẳng đều. Người ta đổ nước gần đầy ống, để chừa một đoạn nhỏ cỡ 0,5 cm. Bịt kín ống rồi đặt ngược ống trên một mặt nghiêng. Bọt không khí từ từ chuyển động lên phía trên.



Hình 2.7 Thí nghiệm về chuyển động của bọt nước

Dưới đây là các số liệu của một lần thí nghiệm.

Bảng số liệu đo

x (cm)	0	10	20	30	40	50	60	70
t (s)	0	2,0	4,0	6,0	8,0	10	12	14

Ta nhận thấy bọt không khí thực hiện những độ dời bằng nhau trong cùng khoảng thời gian. Chuyển động của bọt không khí là thẳng đều.

6. Đồ thị

a) Đồ thị toạ độ

Chúng ta hãy biểu diễn phương trình (2.8) bằng đồ thị.

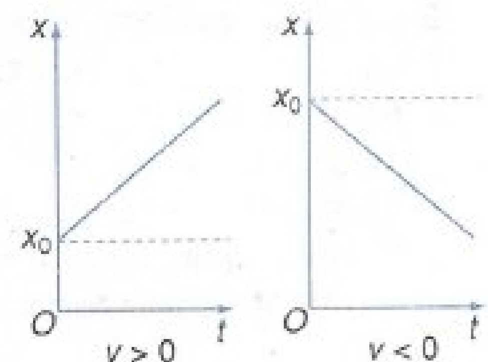
Đường biểu diễn là một đường thẳng xiên góc xuất phát từ điểm $(x_0, 0)$. Độ dốc của đường thẳng là

$$\tan\alpha = \frac{x - x_0}{t} = v \qquad (2.9)$$

Trong chuyển động thẳng đều, hệ số góc của đường biểu diễn toạ độ theo thời gian có giá trị bằng vận tốc.

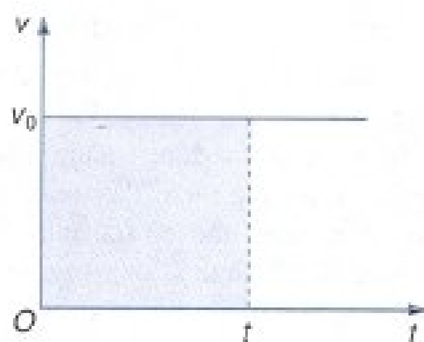
Khi $v > 0$, $\tan\alpha > 0$, đường biểu diễn đi lên phía trên (Hình 2.8).

Khi $v < 0$, $\tan\alpha < 0$, đường biểu diễn đi xuống phía dưới (Hình 2.8).



Hình 2.8

Đường biểu diễn phương trình chuyển động thẳng đều. Đó cũng là đường biểu diễn toạ độ theo thời gian.



Hình 2.9 Đồ thị vận tốc theo thời gian của chuyển động thẳng đều

C6 Có thể suy ra quãng đường đi được nhờ đồ thị vận tốc theo thời gian được không ?

b) Đồ thị vận tốc

Trong chuyển động thẳng đều, vận tốc không đổi. Đồ thị biểu diễn vận tốc theo thời gian là một đường thẳng song song với trục thời gian.

Độ dời $(x - x_0)$ được tính bằng diện tích hình chữ nhật (Hình 2.9) có một cạnh bằng v_0 và một cạnh bằng t. Ở đây vận tốc tức thời không đổi, bằng vận tốc đầu v_0 :

$$v = v_0 \qquad (2.10)$$

CÂU HỎI

1. Hãy nêu các yếu tố của vectơ độ dời. Nếu chọn trục *Ox* trùng với quỹ đạo thẳng của chất điểm thì giá trị đại số của vectơ độ dời được xác định như thế nào ?
2. Trong chuyển động thẳng, vectơ vận tốc tức thời có phương và chiều như thế nào ?
3. Thế nào là chuyển động thẳng đều ? Vận tốc trung bình và vận tốc tức thời trong chuyển động thẳng đều có đặc điểm gì ?
4. Viết phương trình chuyển động thẳng đều của một chất điểm, nói rõ các đại lượng ghi trong phương trình.

BÀI TẬP

1. Chọn câu **sai**.

   A. Vectơ độ dời là một vectơ nối vị trí đầu và vị trí cuối của chất điểm chuyển động.

   B. Vectơ độ dời có độ lớn luôn luôn bằng quãng đường đi được của chất điểm.

   C. Chất điểm đi trên một đường thẳng rồi quay về vị trí ban đầu thì có độ dời bằng 0.

   D. Độ dời có thể là dương hoặc là âm.

2. Câu nào sau đây là đúng ?

   A. Độ lớn của vận tốc trung bình bằng tốc độ trung bình.

   B. Độ lớn của vận tốc tức thời bằng tốc độ tức thời.

   C. Khi chất điểm chuyển động thẳng chỉ theo một chiều thì bao giờ vận tốc trung bình cũng bằng tốc độ trung bình.

   D. Vận tốc tức thời cho ta biết chiều chuyển động, do đó bao giờ cũng có giá trị dương.

3. Chọn câu **sai**.

   A. Đồ thị vận tốc theo thời gian của chuyển động thẳng đều là một đường song song với trục hoành *Ot*.

B. Trong chuyển động thẳng đều, đồ thị theo thời gian của toạ độ và của vận tốc đều là những đường thẳng.

C. Đồ thị toạ độ theo thời gian của chuyển động thẳng bao giờ cũng là một đường thẳng.

D. Đồ thị toạ độ theo thời gian của chuyển động thẳng đều là một đường thẳng xiên góc.

4. Một người đi bộ trên đường thẳng. Cứ đi được 10 m thì người đó lại nhìn đồng hồ đo khoảng thời gian đã đi. Kết quả đo độ dời và thời gian thực hiện được ghi trong bảng dưới đây :

Δx (m)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Δt (s)	8	8	10	10	12	12	12	14	14	14

a) Tính vận tốc trung bình cho từng đoạn đường 10 m.

b) Vận tốc trung bình cho cả quãng đường đi là bao nhiêu ? So sánh với giá trị trung bình của các vận tốc trung bình trên mỗi đoạn đường 10 m.

5. Hai người đi bộ cùng chiều trên một đường thẳng. Người thứ nhất đi với vận tốc không đổi bằng 0,9 m/s. Người thứ hai đi với vận tốc không đổi bằng 1,9 m/s. Biết hai người cùng xuất phát tại cùng một vị trí.

a) Nếu người thứ hai đi không nghỉ thì sau bao lâu sẽ đến một địa điểm cách nơi xuất phát 780 m ?

b) Người thứ hai đi được một đoạn thì dừng lại, sau 5,50 min thì người thứ nhất đến. Hỏi vị trí đó cách nơi xuất phát bao xa ?

6. Một ô tô chạy trên đường thẳng. Trên nửa đầu của đường đi, ô tô chạy với vận tốc không đổi, bằng 50 km/h. Trên quãng đường còn lại, ô tô chạy với vận tốc không đổi bằng 60 km/h.

Tính vận tốc trung bình của ô tô trên cả quãng đường.

7. Đồ thị toạ độ theo thời gian của một người chạy trên một đường thẳng được biểu diễn trên Hình 2.10.

Hãy tính độ dời và vận tốc trung bình của người đó :

a) Trong khoảng thời gian 10 min đầu tiên.

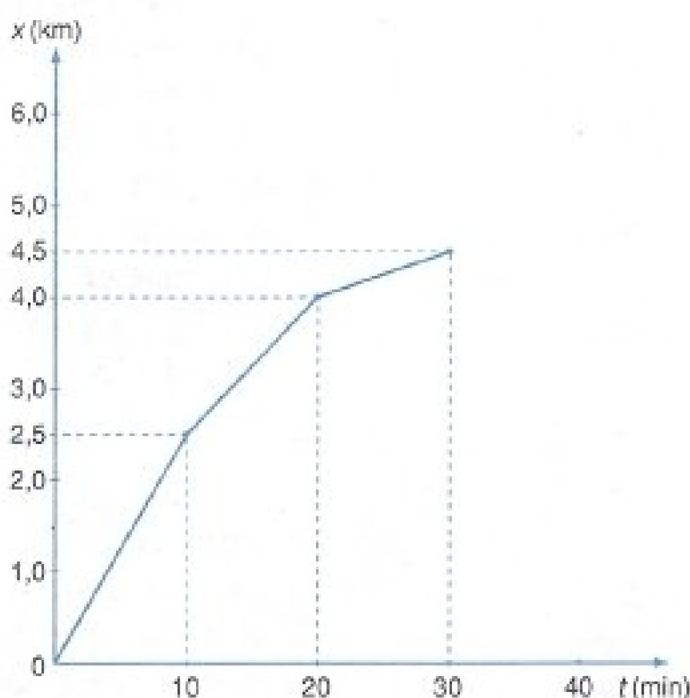
b) Trong khoảng thời gian từ t_1 = 10 min đến t_2 = 30 min.

c) Trong cả quãng đường chạy dài 4,5 km.

8. Hai xe chạy ngược chiều đến gặp nhau, cùng khởi hành một lúc từ hai địa điểm *A* và *B* cách nhau 120 km. Vận tốc của xe đi từ *A* là 40 km/h, của xe đi từ *B* là 20 km/h. Coi chuyển động của các xe như chuyển động của các chất điểm trên đường thẳng.

a) Viết phương trình chuyển động của từng xe. Từ đó tính thời điểm và vị trí hai xe gặp nhau.

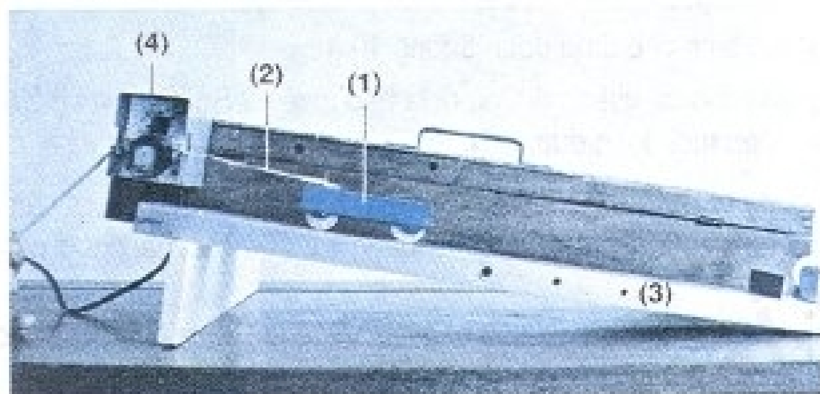
b) Giải bài toán trên bằng đồ thị.



Hình 2.10

3 KHẢO SÁT THỰC NGHIỆM CHUYỂN ĐỘNG THẲNG

Để biết đặc điểm về chuyển động thẳng của một vật, ta tiến hành các phép đo xác định toạ độ của vật tại các thời điểm khác nhau. Các tính chất của chuyển động có thể suy ra bằng đồ thị toạ độ theo thời gian hoặc bằng cách tính vận tốc của vật. Chúng ta hãy khảo sát thực nghiệm chuyển động thẳng của một xe nhỏ chạy trên máng nghiêng.



Hình 3.1 Máng nghiêng và xe nhỏ

1. Các dụng cụ thí nghiệm

1. Xe lăn (1).

2. Máng nghiêng (3).

3. Băng giấy (2) luồn qua khe của bộ rung (4), một đầu gắn vào xe, một đầu thả lỏng.

4. Bộ rung dùng để xác định thời gian. Ở đầu cần rung có một bút mực. Khi cần rung hoạt động thì trong 1 s số vết mực bút đánh dấu trên băng giấy bằng tần số rung. Khoảng thời gian giữa hai dấu mực liên tiếp trên băng giấy bằng chu kì của cần rung. Chu kì này bằng chu kì dòng điện xoay chiều chạy qua cần rung, tức là bằng 0,02 s.

2. Tiến hành thí nghiệm

Cho xe chạy và cho bộ rung hoạt động đồng thời. Xe chạy kéo theo băng giấy và cứ sau 0,02 s đầu bút ở bộ rung lại ghi một chấm nhỏ trên băng giấy. Khoảng cách giữa hai chấm liên tiếp trên băng là độ dời của xe sau những khoảng thời gian đều đặn 0,02 s.

Bằng cách như vậy, ta đã xác định được toạ độ của xe tại các thời điểm cách đều nhau.

3. Kết quả đo

Trong một lần thí nghiệm, ta có kết quả đo được ghi ở Bảng 1. Ở đây, ta ghi thời điểm và toạ độ của xe sau những khoảng thời gian đều đặn 0,1 s nhờ vị trí của các chấm nằm cách nhau 5 khoảng liên tiếp.

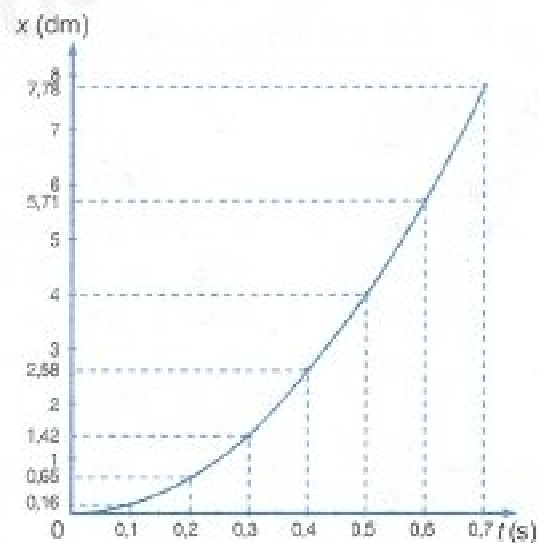
Bảng 1

t (s)	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
x (dm)	0	0,16	0,65	1,42	2,58	4,0	5,71	7,78
Vị trí	A	B	C	D	E	G	H	I

4. Xử lí kết quả đo

a) Vẽ đồ thị toạ độ theo thời gian

Đồ thị là một đường cong (Hình 3.2). Điều đó chứng tỏ chuyển động của xe trên máng nghiêng là không đều.



Hình 3.2 Đồ thị toạ độ theo thời gian

b) Tính vận tốc trung bình trong các khoảng thời gian 0,1 s liên tiếp từ $t = 0$

Dựa vào Bảng 1, ta tính các vận tốc trung bình trong các khoảng 0,1 s liên tiếp và ghi kết quả vào Bảng 2.

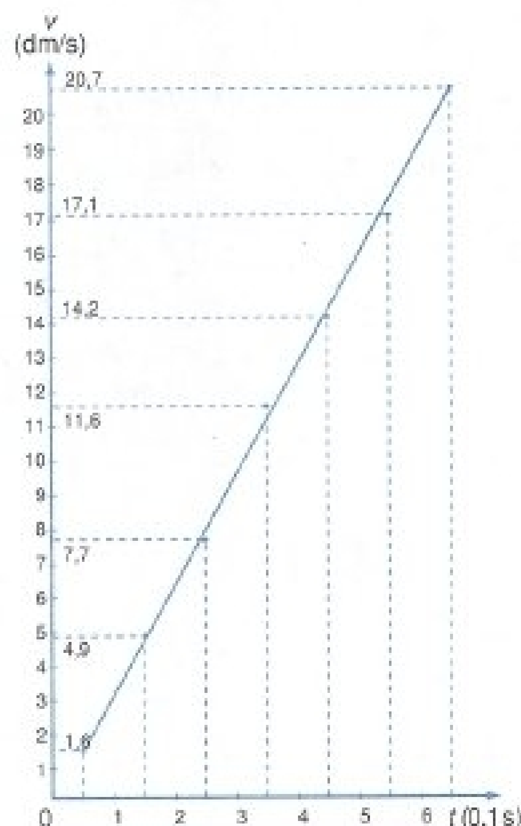
Bảng 2

$t_2 - t_1$ (s)	v_{tb} (dm/s)
0,1 – 0	1,6
0,2 – 0,1	4,9
0,3 – 0,2	7,7
0,4 – 0,3	11,6
0,5 – 0,4	14,2
0,6 – 0,5	17,1
0,7 – 0,6	20,7

Ta nhận thấy vận tốc trung bình của xe tăng dần, chuyển động của xe là nhanh dần.

c) Tính vận tốc tức thời

Trong thực nghiệm, vận tốc tức thời được tính theo phương pháp tính số : Khi $t_2 - t_1$ đủ nhỏ thì vận tốc tức thời tại thời điểm $t = \frac{t_1 + t_2}{2}$ có giá trị bằng vận tốc trung bình trong khoảng thời gian đó.



Hình 3.3 Đồ thị vận tốc theo thời gian

Như vậy, từ các kết quả đã tính ở trên, ta có các giá trị gần đúng của vận tốc tức thời ở Bảng 3 ứng với các thời điểm khác là :

Bảng 3

t (0,1 s)	0,5	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5
v (dm/s)	1,6	4,9	7,7	11,6	14,2	17,1	20,7

Đồ thị của vận tốc theo thời gian gần đúng là một đường thẳng xiên góc (Hình 3.3). Trong phạm vi sai số cho phép, có thể coi vận tốc tăng đều.

5. Kết luận chung

Qua khảo sát thực nghiệm chuyển động của một xe lăn trên máng nghiêng, ta nhận thấy rằng, biết được toạ độ của chất điểm tại mọi thời điểm là ta biết được vận tốc và các đặc trưng khác của chuyển động của vật.

CÂU HỎI

Trong thí nghiệm về chuyển động thẳng của một vật, người ta ghi được vị trí của vật sau những khoảng thời gian 0,02 s trên băng giấy (Hình 3.4). Em hãy sử dụng các kết quả đó để xét xem chuyển động này có phải là chuyển động nhanh dần không. Nếu đúng, hãy tính vận tốc trung bình của vật trong những khoảng thời gian 0,02 s.

0 (mm)	22	48	78	112	150	192
A	B	C	D	E	G	H

Hình 3.4

BÀI TẬP

1. Một ô tô chạy trên đường thẳng, lần lượt đi qua bốn điểm liên tiếp *A, B, C, D* cách đều nhau một khoảng 12 km. Xe đi đoạn *AB* hết 20 min, đoạn *BC* hết 30 min, đoạn *CD* hết 20 min. Tính vận tốc trung bình trên mỗi đoạn đường *AB, BC, CD* và trên cả quãng đường *AD*. Có thể biết chắc chắn sau 40 min kể từ khi ở *A*, xe ở vị trí nào không ?
2. Tốc kế của một ô tô đang chạy chỉ 90 km/h tại thời điểm *t*. Để kiểm tra xem đồng hồ đó chạy có chính xác không, người lái xe giữ nguyên vận tốc, một hành khách trên xe nhìn đồng hồ và thấy xe đi qua hai cột số bên đường cách nhau 3 km trong khoảng thời gian 2 min 10 s. Hỏi số chỉ của tốc kế có chính xác không ?

4 CHUYỂN ĐỘNG THẲNG BIẾN ĐỔI ĐỀU

1. Gia tốc trong chuyển động thẳng

Thường thì khi một vật chuyển động, vận tốc của nó thay đổi theo thời gian.

Đại lượng vật lí đặc trưng cho độ biến đổi nhanh chậm của vận tốc gọi là *gia tốc*.



Hình 4.1 Một ô tô chuyển động trên đường thẳng

Khi xuất phát, vận tốc của nó tăng dần từ 0 đến một giá trị nào đấy. Khi chuyển động, vận tốc của nó có thể thay đổi. Sự biến đổi nhanh chậm của vận tốc được đặc trưng bằng đại lượng nào ?

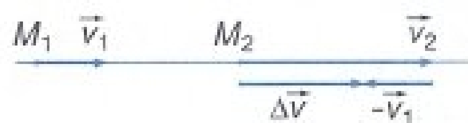
a) Gia tốc trung bình

Gọi $\vec{v}_1$ và $\vec{v}_2$ là các vectơ vận tốc của một chất điểm chuyển động trên đường thẳng tại các thời điểm t_1 và t_2. Trong khoảng thời gian $\Delta t = t_2 - t_1$, vectơ vận tốc của chất điểm đã biến đổi một lượng $\Delta\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$.

Thương số

$$\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1} \qquad (4.1)$$

được gọi là *vectơ gia tốc trung bình* của chất điểm trong khoảng thời gian từ t_1 đến t_2, và kí hiệu là $\vec{a}_{tb}$.



Hình 4.2

Độ biến thiên vận tốc $\Delta\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$ là một vectơ có phương trùng với quỹ đạo.

Vectơ gia tốc trung bình có cùng phương với quỹ đạo, giá trị đại số của nó là :

$$a_{tb} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \qquad (4.2)$$

Giá trị đại số xác định độ lớn và chiều của vectơ gia tốc trung bình.

Đơn vị của a_{tb} là m/s^2.

Nếu trong khoảng thời gian 1 s, vận tốc của chất điểm tăng lên 1 m/s thì gia tốc trung bình của nó bằng 1 m/s^2.

Vài số liệu về gia tốc trung bình

1. Ô tô đạt vận tốc 60 km/h sau 5 s từ lúc xuất phát. Gia tốc trung bình khi khởi hành là 3,33 m/s².

2. Ô tô đua có thể đạt vận tốc 360 km/h trong 2 s. Gia tốc trung bình là 50 m/s².

3. Vận tốc của xe trượt trên băng tuyết dùng động cơ phản lực đạt đến 1 011 km/h. Kỉ lục về thời gian hãm xe từ vận tốc đó là 1,4 s. Gia tốc hãm khi đó khoảng 200 m/s². Gia tốc này là rất lớn, con người chỉ có thể chịu đựng gia tốc này trong thời gian rất ngắn như trên.

Thí nghiệm xe nhỏ lăn trên máng nghiêng xem Hình 3.1.

Đồ thị vận tốc theo thời gian xem Hình 3.3.

Lấy những khoảng thời gian Δt rất nhỏ, gia tốc trung bình trở thành gia tốc tức thời, ta thấy rằng gia tốc tức thời tại mọi thời điểm có cùng giá trị.

b) Gia tốc tức thời

Nếu trong công thức (4.1) ta lấy Δt rất nhỏ thì thương số $\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ cho ta một giá trị gọi là *vectơ gia tốc tức thời*.

$$\vec{a} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \quad \text{(khi } \Delta t \text{ rất nhỏ)} \qquad (4.3)$$

Như vậy, vectơ gia tốc tức thời tại một thời điểm t trong khoảng từ t_1 đến t_2 bằng vectơ gia tốc trung bình trong khoảng thời gian rất nhỏ ấy. Vectơ gia tốc tức thời đặc trưng cho độ nhanh chậm của sự biến đổi vectơ vận tốc của chất điểm.

Vectơ gia tốc tức thời là một vectơ cùng phương với quỹ đạo thẳng của chất điểm. Giá trị đại số của vectơ gia tốc tức thời bằng :

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (\Delta t \text{ rất nhỏ}) \qquad (4.4)$$

và được gọi tắt là gia tốc tức thời.

2. Chuyển động thẳng biến đổi đều

a) Ví dụ về chuyển động thẳng biến đổi đều

Trong thí nghiệm xe nhỏ chạy trên máng nghiêng của bài trước, ta đã thấy rằng đồ thị vận tốc tức thời của xe theo thời gian là một đường thẳng xiên góc. Nếu tính gia tốc trung bình trong bất kì khoảng thời gian nào thì cũng được cùng một giá trị tức là gia tốc tức thời không đổi. Ta nói rằng chuyển động của xe là *chuyển động thẳng biến đổi đều*.

b) Định nghĩa

Chuyển động thẳng biến đổi đều là chuyển động thẳng trong đó gia tốc tức thời không đổi.

3. Sự biến đổi của vận tốc theo thời gian

Chọn một chiều dương trên quỹ đạo. Kí hiệu v, v_0 lần lượt là vận tốc tại thời điểm t và thời điểm ban đầu $t_0 = 0$. Gia tốc a là không đổi. Theo công thức (4.2) thì

$$v - v_0 = at, \text{ hay là}$$

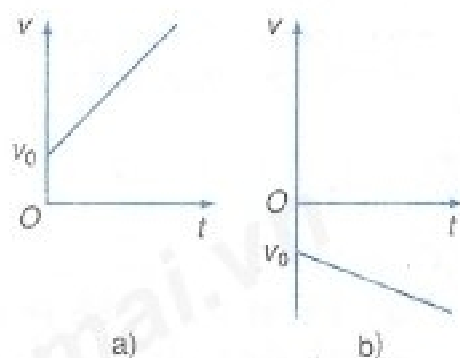
$$v = v_0 + at \qquad (4.5)$$

Công thức (4.5) là công thức vận tốc trong chuyển động thẳng biến đổi đều.

Ta hãy xét cụ thể các trường hợp sau.

a) Chuyển động nhanh dần đều

Nếu tại thời điểm t, vận tốc v cùng dấu với gia tốc a (tức là $v.a > 0$) thì theo công thức (4.5), giá trị tuyệt đối của vận tốc v tăng theo thời gian, chuyển động là nhanh dần đều (Hình 4.3).

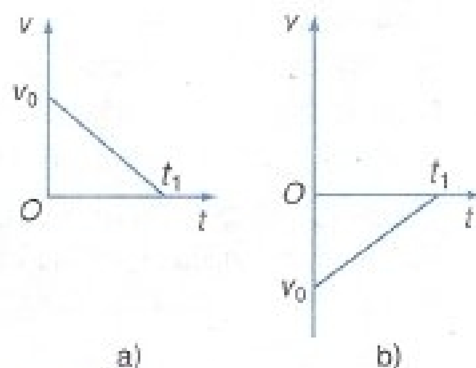


Hình 4.3

Đồ thị vận tốc theo thời gian trong chuyển động nhanh dần đều : $v.a > 0$
a) v và a cùng dương
b) v và a cùng âm.

b) Chuyển động chậm dần đều

Nếu tại thời điểm t, vận tốc v khác dấu với gia tốc a (tức là $v.a < 0$) thì theo công thức (4.5), giá trị tuyệt đối của vận tốc v giảm theo thời gian, chuyển động là chậm dần đều (Hình 4.4).



Hình 4.4

Đồ thị vận tốc theo thời gian trong chuyển động chậm dần đều : $v.a < 0$
a) $v > 0$ và $a < 0$
b) $v < 0$ và $a > 0$.

c) Đồ thị vận tốc theo thời gian

Theo công thức (4.5), đồ thị của vận tốc theo thời gian là một đường thẳng xiên góc, cắt trục tung tại điểm $v = v_0$.

Hệ số góc của đường thẳng đó bằng :

$$\frac{v - v_0}{t} = \tan\alpha$$

So sánh với công thức (4.5), ta có

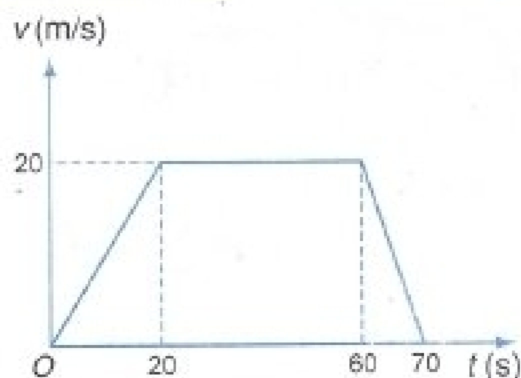
$$a = \tan\alpha = \frac{v - v_0}{t} \qquad (4.6)$$

Vậy trong chuyển động biến đổi đều, hệ số góc của đường biểu diễn vận tốc theo thời gian bằng gia tốc của chuyển động.

C1 Tại thời điểm t_1 trên Hình 4.4, vận tốc bằng bao nhiêu ?

CÂU HỎI

1. Gia tốc trong chuyển động thẳng biến đổi đều có đặc điểm gì ?
2. Viết công thức liên hệ giữa vận tốc và gia tốc trong chuyển động thẳng biến đổi đều.
3. Giải thích tại sao khi vận tốc và gia tốc cùng dấu thì chất điểm chuyển động nhanh dần lên, khi chúng ngược dấu nhau thì chất điểm chuyển động chậm dần đi.
4. Hãy mô tả chuyển động của một người đi xe máy dựa vào đồ thị vận tốc theo thời gian trên Hình 4.5.



Hình 4.5

BÀI TẬP

1. Chọn câu **sai**.

   Chất điểm chuyển động thẳng theo một chiều với gia tốc a = 4 m/s^2 có nghĩa là :

   A. Lúc đầu vận tốc bằng 0 thì 1 s sau vận tốc của nó bằng 4 m/s.

   B. Lúc vận tốc bằng 2 m/s thì 1 s sau vận tốc của nó bằng 6 m/s.

   C. Lúc vận tốc bằng 2 m/s thì 2 s sau vận tốc của nó bằng 8 m/s.

   D. Lúc vận tốc bằng 4 m/s thì 2 s sau vận tốc của nó bằng 12 m/s.

2. Chọn câu **sai**.

   Khi một chất điểm chuyển động thẳng biến đổi đều thì nó

   A. có gia tốc không đổi.

   B. có gia tốc trung bình không đổi.

   C. chỉ có thể chuyển động nhanh dần đều hoặc chậm dần đều.

   D. có thể lúc đầu chuyển động chậm dần đều, sau đó chuyển động nhanh dần đều.

3. Tốc độ vũ trụ cấp I (7,9 km/s) là tốc độ nhỏ nhất để các con tàu vũ trụ có thể bay quanh Trái Đất. Hãy tính xem tên lửa phóng tàu vũ trụ phải có gia tốc bằng bao nhiêu để sau khi phóng 160 s con tàu đạt được vận tốc trên ? Coi gia tốc của tên lửa là không đổi.

4. Một chất điểm chuyển động trên trục Ox với gia tốc không đổi a = 4 m/s^2 và vận tốc ban đầu v_0 = –10 m/s.

   a) Sau bao lâu thì chất điểm dừng lại ?

   b) Tiếp sau đó chất điểm chuyển động như thế nào ?

   c) Vận tốc của nó lúc t = 5 s là bao nhiêu ?

5. Một người đi xe đạp trên một đường thẳng. Sau khi khởi hành 5 s, vận tốc của người đó là 2 m/s, sau 5 s tiếp theo vận tốc là 4 m/s, sau 5 s tiếp theo vận tốc là 6 m/s.

   a) Có thể kết luận chuyển động của người đó là nhanh dần đều được không ? Tại sao ?

   b) Tính gia tốc trung bình trong mỗi khoảng thời gian 5 s và gia tốc trung bình trong cả khoảng thời gian từ lúc khởi hành.

5 PHƯƠNG TRÌNH CHUYỂN ĐỘNG THẲNG BIẾN ĐỔI ĐỀU

Trong cơ học, ta cần xác định vị trí của chất điểm tại một thời điểm bất kì. Phương trình chuyển động của chất điểm cho biết sự phụ thuộc của toạ độ của chất điểm vào thời gian. Từ phương trình chuyển động ta có thể biết được mọi đặc trưng của chuyển động của chất điểm.

1. Phương trình chuyển động thẳng biến đổi đều

a) Thiết lập phương trình

Giả sử ban đầu khi $t_0 = 0$, chất điểm có toạ độ $x = x_0$ và vận tốc $v = v_0$. Tại thời điểm t, chất điểm có toạ độ x và vận tốc v. Ta cần tìm sự phụ thuộc của toạ độ x vào thời gian t.

Ta đã có công thức sau đây :

$$v = v_0 + at \quad (5.1)$$

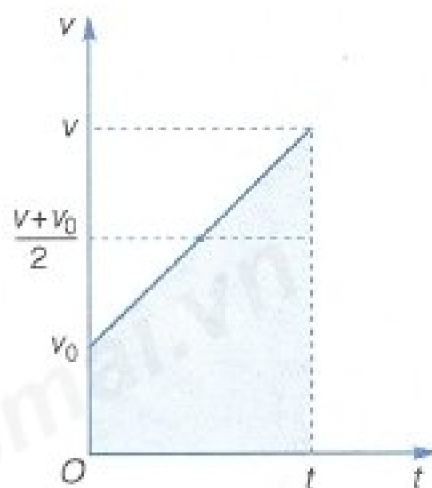
Vì vận tốc là một hàm bậc nhất của thời gian, nên khi chất điểm thực hiện độ dời $x - x_0$ trong khoảng thời gian $t - t_0 = t$ thì ta có thể chứng minh được rằng độ dời này bằng độ dời của chất điểm chuyển động thẳng đều với vận tốc bằng trung bình cộng của vận tốc đầu v_0 và vận tốc cuối v, tức là bằng $\frac{v + v_0}{2}$. Vậy ta có :

$$x - x_0 = \frac{v + v_0}{2}t \quad (5.2)$$

Thay v bằng công thức (5.1) và viết lại công thức (5.2), ta được :

$$x = x_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2 \quad (5.3)$$

Đây là *phương trình chuyển động của chất điểm chuyển động thẳng biến đổi đều*. Theo phương trình này thì toạ độ x là một hàm bậc hai của thời gian t.



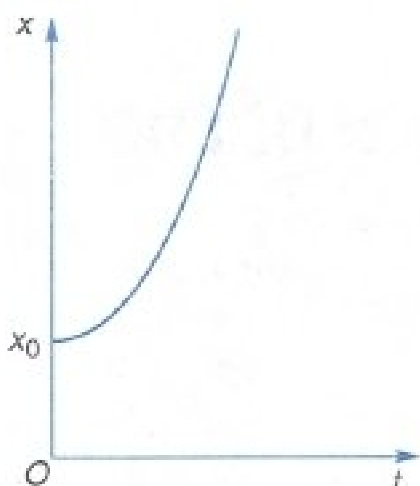
Hình 5.1 Đồ thị vận tốc theo thời gian của chuyển động thẳng biến đổi đều

Độ dời trong chuyển động thẳng biến đổi đều là $x - x_0 = \frac{v + v_0}{2}t$.

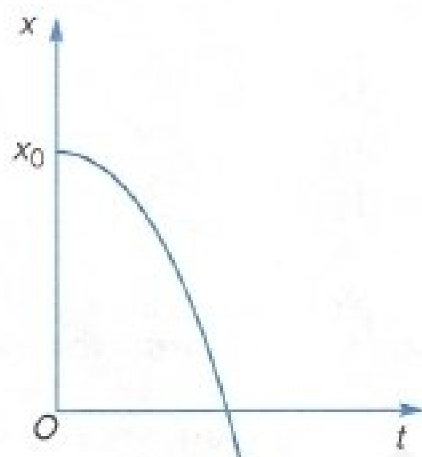
Nếu chất điểm chỉ chuyển động theo một chiều và chọn chiều ấy làm chiều dương thì quãng đường đi được s trùng với độ dời $x - x_0$. Từ (5.3) suy ra

$$s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$$

C1 $\frac{v + v_0}{2}$ có phải là vận tốc trung bình trên cả đoạn đường đi ?

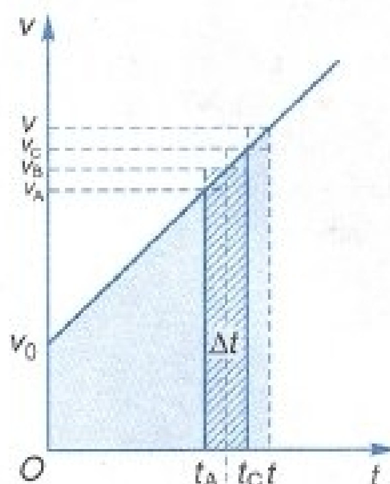


a) Đồ thị $x = x_0 + \frac{1}{2}at^2$ với a > 0.



b) Đồ thị $x = x_0 + \frac{1}{2}at^2$ với a < 0.

Hình 5.2



Hình 5.3 Đồ thị vận tốc theo thời gian và cách tính độ dời

b) Đồ thị toạ độ của chuyển động thẳng biến đổi đều

Đường biểu diễn sự phụ thuộc toạ độ theo thời gian là một phần của đường parabol. Dạng cụ thể của nó tuỳ thuộc các giá trị của v_0 và a.

Trong trường hợp chất điểm chuyển động không có vận tốc đầu ($v_0 = 0$), phương trình có dạng sau :

$$x = x_0 + \frac{1}{2}at^2 \qquad \text{với } t > 0$$

Đường biểu diễn có phần lõm hướng lên trên nếu $a > 0$ (Hình 5.2a), phần lõm hướng xuống dưới nếu $a < 0$ (Hình 5.2b).

c) Cách tính độ dời trong chuyển động thẳng biến đổi đều bằng đồ thị vận tốc theo thời gian

Trong phần này ta sẽ lập luận chặt chẽ để có được phương trình chuyển động đã nói ở mục trước.

Trong chuyển động thẳng biến đổi đều, công thức của vận tốc là :

$$v = v_0 + at$$

Đồ thị vận tốc theo thời gian là một đường thẳng xiên góc.

Ta sẽ chứng minh rằng độ dời $x - x_0$ được tính bằng diện tích hình thang vuông có các cạnh đáy là v, v_0 và đường cao là t.

Thực vậy, trước hết ta kẻ những đường song song với trục tung Ov cách đều nhau một khoảng Δt rất nhỏ. Ta có những hình thang nhỏ với đường cao Δt. Lấy một hình thang bất kì như trên Hình 5.3. Chuyển động của chất điểm trong khoảng thời gian $t_C - t_A = \Delta t$ có thể coi như chuyển động đều với vận tốc v_B bằng trung bình cộng của v_C và v_A, tức là bằng

$$\frac{v_C + v_A}{2}$$

Độ dời Δx trong khoảng thời gian đó là $\Delta x = \frac{v_C + v_A}{2}\Delta t$, bằng diện tích hình thang nhỏ gạch chéo trên Hình 5.3. Độ dời trong khoảng thời gian từ t_0 đến t bằng tổng của tất cả các độ dời Δx trong các khoảng thời gian Δt. Độ dời này đúng bằng diện tích hình thang vuông có các cạnh đáy v và v_0, đường cao là $t - t_0$. Dễ dàng tính được diện tích này :

$$\text{Diện tích hình thang} = x - x_0 = \frac{v + v_0}{2}t$$

Ta lại có kết quả như trong mục a. Thay v bằng công thức (5.1), ta thu được phương trình chuyển động thẳng biến đổi đều :

$$x - x_0 = \left(\frac{v_0 + at + v_0}{2}\right)t$$

$$x = x_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2$$

2. Công thức liên hệ giữa độ dời, vận tốc và gia tốc

a) Kí hiệu $\Delta x = x - x_0$ là độ dời trong khoảng thời gian từ 0 đến t.

Từ công thức (5.1) rút ra $t = \dfrac{v - v_0}{a}$, thay vào công thức (5.3), ta có :

$$x = x_0 + v_0\frac{v - v_0}{a} + \frac{1}{2}a\left[\frac{v - v_0}{a}\right]^2 = x_0 + \frac{1}{2a}(v^2 - v_0^2)$$

Vậy $$v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x \qquad (5.4)$$

b) Trường hợp chuyển động từ trạng thái nghỉ (vận tốc đầu $v_0 = 0$).

Vận tốc $v = at$ không đổi dấu. Chuyển động chỉ theo một chiều và là nhanh dần đều. Chọn chiều dương là chiều chuyển động, khi đó độ dời Δx trùng với quãng đường đi được s.

$$s = \frac{1}{2}at^2 \qquad (5.5)$$

Thời gian t đi hết quãng đường s

$$t = \sqrt{\frac{2s}{a}} \qquad (5.6)$$

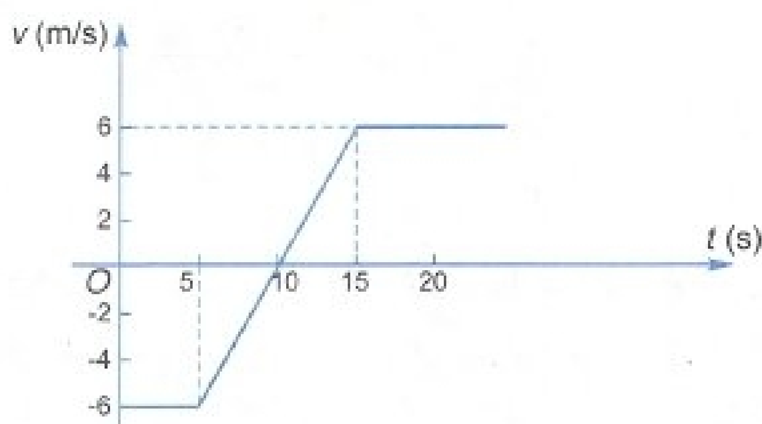
Vận tốc v tính theo gia tốc và quãng đường đi được suy ra từ (5.4) là

$$v^2 = 2as \qquad (5.7)$$

CÂU HỎI

1. Viết phương trình chuyển động thẳng biến đổi đều và nêu rõ ý nghĩa của các đại lượng trong đó.

2. Đồ thị vận tốc của một chất điểm chuyển động dọc theo trục *Ox* được biểu diễn ở Hình 5.4. Hãy xác định gia tốc của chất điểm trong các khoảng thời gian : 0 s – 5 s ; 5 s – 15 s ; > 15 s.



Hình 5.4

BÀI TẬP

1. Chọn câu **sai**.
   Chất điểm sẽ chuyển động thẳng nhanh dần đều nếu :
   A. $a > 0$ và $v_0 > 0$.
   B. $a > 0$ và $v_0 = 0$.
   C. $a < 0$ và $v_0 > 0$.
   D. $a < 0$ và $v_0 = 0$.

2. Một chất điểm chuyển động dọc theo trục *Ox*, theo phương trình $x = 2t + 3t^2$, trong đó *x* tính bằng mét, *t* tính bằng giây.

   a) Hãy xác định gia tốc của chất điểm.

   b) Tìm toạ độ và vận tốc tức thời của chất điểm lúc $t = 3$ s.

3. Vận tốc của một chất điểm chuyển động dọc theo trục *Ox* cho bởi hệ thức $v = (15 - 8t)$ m/s. Hãy xác định gia tốc, vận tốc của chất điểm lúc $t = 2$ s và vận tốc trung bình của chất điểm trong khoảng thời gian từ $t = 0$ s đến $t = 2$ s.

4. Một ô tô đang chuyển động với vận tốc không đổi 30 m/s. Đến chân một con dốc, đột nhiên máy ngừng hoạt động và ô tô theo đà đi lên dốc. Nó luôn luôn chịu một gia tốc ngược chiều vận tốc đầu bằng 2 m/s^2 trong suốt quá trình lên dốc và xuống dốc.

   a) Viết phương trình chuyển động của ô tô, lấy gốc toạ độ $x = 0$ và gốc thời gian $t = 0$ lúc xe ở vị trí chân dốc.

   b) Tính quãng đường xa nhất theo sườn dốc mà ô tô có thể lên được.

   c) Tính thời gian đi hết quãng đường đó.

   d) Tính vận tốc của ô tô sau 20 s. Lúc đó ô tô chuyển động theo chiều nào ?

6 SỰ RƠI TỰ DO

Mọi vật thả ra đều rơi xuống đất. Thả một hòn đá và một lông chim đồng thời, ta thấy hòn đá rơi nhanh hơn, chạm đất trong khi lông chim còn bay lượn trên không. Có phải vì hòn đá nặng hơn nên nó rơi nhanh hơn cái lông chim ? Đưa hòn đá lên Bắc Cực, hòn đá ấy có rơi nhanh hơn khi nó rơi ở Việt Nam không ? Những câu hỏi như vậy đòi hỏi chúng ta phải tìm cách trả lời.

1. Thế nào là sự rơi tự do ?

Chúng ta có thể làm lại thí nghiệm Niu-tơn đã làm từ thế kỉ XVII. Lấy một ống thuỷ tinh bên trong có một hòn đá và một cái lông chim nhỏ. Rút hết không khí trong ống ra, lộn ngược ống lên, ta thấy hòn đá và lông chim rơi nhanh như nhau, chúng cùng chạm đáy ống một lúc.



Hình 6.1
Hòn đá và lông chim rơi như nhau trong ống đã rút chân không

Như vậy, *khi không có lực cản của không khí, các vật có hình dạng và khối lượng khác nhau đều rơi như nhau, ta bảo rằng chúng rơi tự do.*

C1 Người nhảy dù có rơi tự do không ?

Định nghĩa : Sự rơi tự do là sự rơi của một vật chỉ chịu tác dụng của trọng lực.



Hình 6.2 Người nhảy dù đang ở trên không

Khi hòn đá rơi, lực cản của không khí lên nó là nhỏ không đáng kể so với trọng lượng của nó. Ta có thể cho là hòn đá rơi tự do. Khi lông chim rơi, lực cản của không khí là lớn đáng kể so với trọng lực của nó, nên nó rơi chậm hơn so với hòn đá. Lông chim không rơi tự do.

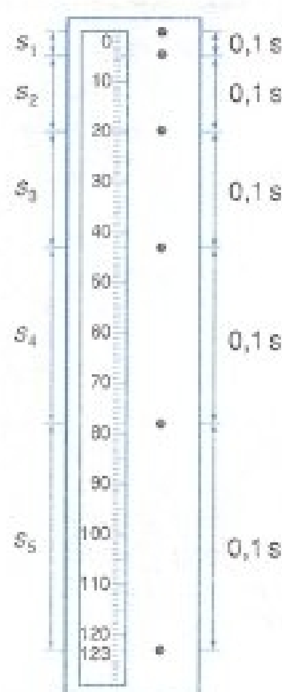
2. Phương và chiều của chuyển động rơi tự do

Để một quả cầu sắt sát cạnh một dây dọi rồi thả nó ra. Quả cầu rơi xuống đất mà không chạm vào dây dọi. Điều đó chứng tỏ chuyển động rơi tự do được thực hiện theo phương thẳng đứng và có chiều từ trên xuống dưới.



Hình 6.3
Quả cầu rơi theo phương thẳng đứng

C2 Rơi tự do là chuyển động đều hay là nhanh dần ? Làm thế nào biết được điều đó ?



Hình 6.4

Vị trí của vật rơi sau những khoảng thời gian bằng 0,1 s được ghi lại trên băng giấy.

3. Rơi tự do là một chuyển động nhanh dần đều

Thí nghiệm 1

Để tìm hiểu đặc tính của chuyển động rơi tự do, ta làm thí nghiệm sau :

Gắn vào vật nặng một băng giấy và luồn băng giấy qua khe một bộ rung đặt cố định ở một độ cao (dụng cụ và phép đo đã nói ở bài 3). Thả vật nặng cho rơi tự do, đồng thời cho bộ rung hoạt động. Khi vật rơi, bút ở đầu cần rung ghi trên băng giấy những vết nhỏ tại các thời điểm liên tiếp cách nhau 0,02 s. Các khoảng cách liên tiếp của các vết đó ngày càng lớn. Điều đó chứng tỏ chuyển động rơi là nhanh dần.

Nếu đo khoảng cách giữa các vết tại các thời điểm liên tiếp cách đều nhau thì thấy rằng các khoảng cách tăng dần trong những khoảng thời gian bằng nhau, phù hợp với đặc điểm của chuyển động nhanh dần đều.

4. Gia tốc rơi tự do

Thí nghiệm 2 : Đo gia tốc rơi tự do

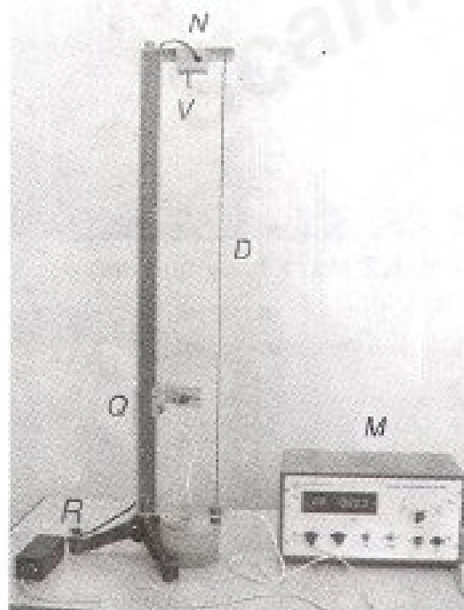
Hình 6.5 mô tả dụng cụ thí nghiệm đo gia tốc rơi tự do. Vật *V* bằng sắt được nam châm điện *N* giữ ở một độ cao nhất định. Ngay khi mở ngắt điện, vật rơi và đồng hồ đo hoạt động. Khi vật đi qua cổng quang điện *Q* ở dưới thì đồng hồ ngắt điện và chỉ thời gian vật rơi. Đo khoảng cách *s* từ vị trí ban đầu đến vị trí sau, coi chuyển động rơi là nhanh dần đều với vận tốc ban đầu bằng 0, ta tính được gia tốc rơi tự do của hòn bi theo công thức

$$g = \frac{2s}{t^2} \qquad (6.1)$$

Bảng 1 dưới đây ghi lại kết quả của một vài lần đo.

Bảng 1

s (m)	0,40	0,80	0,90
t (s)	0,286	0,405	0,430
g (m/s²)	9,78	9,75	9,73



Hình 6.5 Thí nghiệm đo gia tốc rơi tự do của hòn bi sắt

Kết quả ở trên cho thấy trong phạm vi sai số cho phép, gia tốc của chuyển động rơi tự do là không đổi.

Thí nghiệm 2 chỉ là một trong các phép đo gia tốc rơi tự do.

5. Giá trị của gia tốc rơi tự do

Người ta còn làm thí nghiệm về một vật được ném lên theo phương thẳng đứng và nhận thấy rằng khi chuyển động đi lên, vật chịu cùng một gia tốc g như khi rơi xuống. Như thế, một vật chỉ chịu tác dụng của trọng lực thì luôn luôn có một gia tốc bằng gia tốc rơi tự do.

Ta có kết luận sau đây :

Ở cùng một nơi trên Trái Đất và ở gần mặt đất, các vật rơi tự do đều có cùng một gia tốc g.

Giá trị của g thường được lấy là 9,8 m/s^2.

Các phép đo chính xác cho thấy g phụ thuộc vĩ độ địa lí, độ cao và cấu trúc địa chất nơi đó.

C3 Hãy xác định các yếu tố của vectơ gia tốc rơi tự do.

Bảng 2

Gia tốc *g* ở ngang mặt biển tại các vĩ độ khác nhau

Địa điểm	Vĩ độ	g (m/s^2)
Bắc Cực	90° B	9,8320
Đảo Grin-len	74° B	9,8276
Boóc-đô (Pháp)	44° B	9,8050
Hà Nội	21° B	9,7872
TP Hồ Chí Minh	10°8' B	9,7867
Xao Tô-mê	0°	9,7819
Ri-ô đờ Gia-nê-rô (Bra-xin)	22° N	9,7877

Gia tốc rơi tự do còn phụ thuộc độ cao.

6. Các công thức tính quãng đường đi được và vận tốc trong chuyển động rơi tự do

Khi vật rơi tự do không có vận tốc đầu ($v = 0$ khi $t = 0$) thì :

– Vận tốc của vật tại thời điểm t là $v = gt$.

– Quãng đường đi được của vật sau thời gian t là $s = \frac{1}{2}gt^2$.

CÂU HỎI

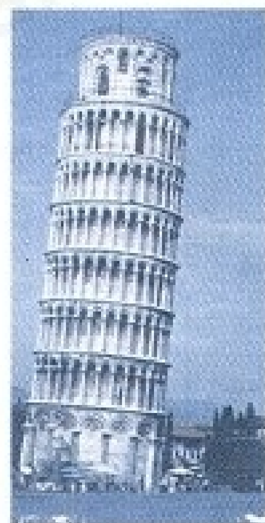
1. Thế nào là sự rơi tự do ?
2. Hãy nêu các đặc điểm của chuyển động rơi tự do của một vật.
3. Hãy viết công thức liên hệ giữa vận tốc ném lên theo phương thẳng đứng và độ cao đạt được.

BÀI TẬP

1. Chọn câu **sai**.
   A. Khi rơi tự do mọi vật chuyển động hoàn toàn như nhau.
   B. Vật rơi tự do khi không chịu sức cản của không khí.
   C. Người nhảy dù trên Hình 6.2 đang rơi tự do.
   D. Mọi vật chuyển động gần mặt đất đều chịu gia tốc rơi tự do.
2. Một vật rơi tự do không vận tốc đầu từ độ cao 5 m. Tìm vận tốc của nó khi chạm đất.
3. Một vật được thả từ trên máy bay ở độ cao 80 m. Cho rằng vật rơi tự do. Tính thời gian rơi.
4. Hai viên bi sắt được thả rơi từ cùng một độ cao cách nhau một khoảng thời gian 0,5 s. Tính khoảng cách giữa hai viên bi sau khi viên bi thứ nhất rơi được 1 s ; 1,5 s.

Em có biết ?

• Người ta kể lại rằng, nhà bác học Ga-li-lê người I-ta-li-a (1564 – 1642) đã làm một thí nghiệm về sự rơi của hai vật nặng, nhẹ khác nhau ở tháp nghiêng thành Pi-da (I-ta-li-a) và thấy rằng hai vật được thả đồng thời cho rơi tự do ở cùng một độ cao sẽ xuống đến đất gần như cùng một lúc. Ga-li-lê còn làm rất nhiều thí nghiệm về chuyển động của một vật trượt trên máng nghiêng, rút ra quy luật quãng đường đi được của vật theo máng nghiêng tỉ lệ với bình phương thời gian. Ông là người đầu tiên phát hiện nguyên lí quán tính mà chúng ta sẽ học ở chương sau. Ngày nay, các thí nghiệm về máng nghiêng như vậy được gọi là thí nghiệm máng nghiêng Ga-li-lê. Gần đây do tháp Pi-da bị nghiêng thêm và có nguy cơ bị đổ, người ta đã cho xử lí nền móng để làm độ nghiêng bớt đi một ít và không cho tháp tiếp tục nghiêng thêm nữa.


Tháp nghiêng thành Pi-da

• Ngày 2 tháng 8 năm 1971, nhà du hành vũ trụ Mĩ Đê-vít Xcốt (David Scott) đã làm một thí nghiệm về sự rơi tự do trên Mặt Trăng. Ông thả đồng thời và ở cùng một độ cao một cái búa và một lông vũ. Hai vật rơi và chạm bề mặt Mặt Trăng cùng một lúc. Ta biết rằng trên Mặt Trăng không có khí quyển và các vật có gia tốc rơi nhỏ hơn sáu lần gia tốc rơi tự do trên Trái Đất, do đó ta có thể quan sát thí nghiệm trên dễ dàng qua hình ảnh truyền trực tiếp từ Mặt Trăng.

7 BÀI TẬP VỀ CHUYỂN ĐỘNG THẲNG BIẾN ĐỔI ĐỀU

Bài 1

Từ độ cao 5 m, một vật nặng được ném theo phương thẳng đứng lên phía trên với vận tốc ban đầu 4 m/s. Chọn trục toạ độ Oy thẳng đứng hướng lên trên.

a) Viết phương trình chuyển động của vật.

b) Vẽ đồ thị toạ độ, đồ thị vận tốc của vật.

c) Mô tả chuyển động, nói rõ chuyển động là nhanh dần đều hay chậm dần đều.

d) Tính vận tốc của vật khi chạm đất.

Bài giải

Chọn gốc toạ độ ở mặt đất, gốc thời gian là lúc ném vật. Ta có : $y_0 = 5$ m ; $v_0 = 4$ m/s ; $g = -9{,}8$ m/s^2.

a) Phương trình chuyển động

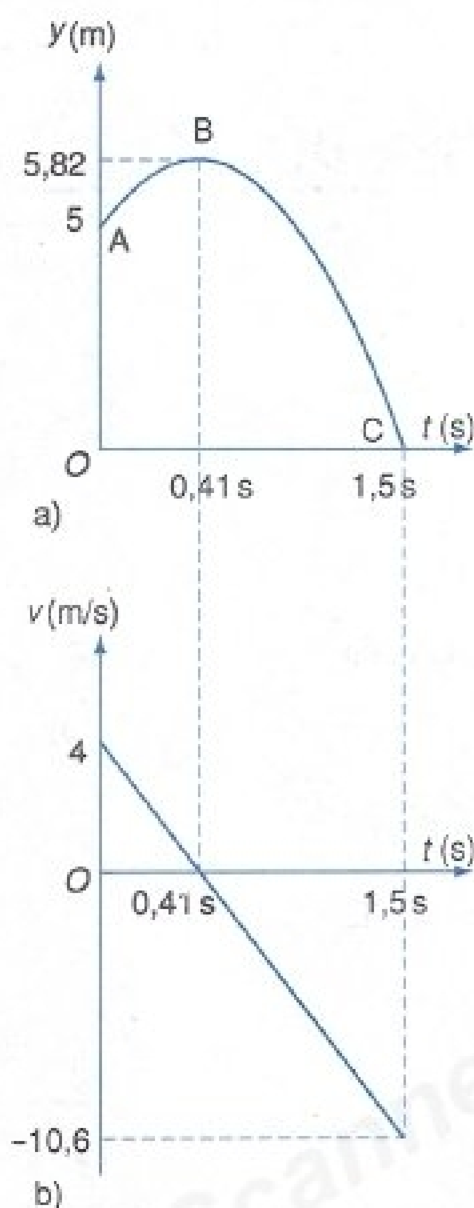
$$y = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2}gt^2 = 5 + 4t - \frac{1}{2} \,.\, 9{,}8.t^2$$

$$y = -4{,}9t^2 + 4t + 5$$

b) Muốn vẽ được đồ thị toạ độ, ta phải biểu diễn hàm bậc hai $y = -4{,}9t^2 + 4t + 5$, hàm này có dạng $y = at^2 + bt + c$ với $a = -4{,}9$, $b = 4$, $c = 5$. Đường biểu diễn hàm y theo t là một đường parabol có bề lõm hướng xuống (vì $a < 0$), cắt trục tung tại điểm A ($t = 0$, $y = 5$) ứng với lúc ném vật và cắt trục hoành tại điểm C ($t = t_2$, $y = 0$) ứng với lúc vật chạm đất (Hình 7.1). t_2 là nghiệm dương của phương trình

$$-4{,}9t^2 + 4t + 5 = 0 \qquad \sqrt{\Delta'} = \sqrt{2^2 + 4{,}9.5} = \sqrt{28{,}5} = 5{,}34$$

$$t_2 = \frac{-2 - 5{,}34}{-4{,}9} = 1{,}50 \text{ s}$$



Hình 7.1 *Đồ thị toạ độ và đồ thị vận tốc*

Đỉnh B của parabol ứng với cực đại của tam thức $at^2 + bt + c$. Cực đại đạt được khi

$$t = t_1 = -\frac{b}{2a} = \frac{4}{9,8} = 0,41 \text{ s}$$

Giá trị của cực đại là :

$$y_{max} = y_1 = \frac{-b^2 + 4ac}{4a} = \frac{-4^2 - 4.4,9.5}{-4.4,9} = 5,82 \text{ m.}$$

Biểu thức của vận tốc là :

$$v = v_0 + at = 4 - 9,8t$$

Đồ thị vận tốc là đường thẳng vẽ ở Hình 7.1b.

c) Chuyển động ném lên có hai giai đoạn :

– Vật đi lên từ độ cao 5 m đến độ cao 5,82 m. Trong giai đoạn này vận tốc hướng lên và có độ lớn giảm từ 4 m/s đến 0 m/s, chuyển động là chậm dần đều.

Giai đoạn này kéo dài từ $t_0 = 0$ đến $t_1 = 0,41$ s.

– Vật đi xuống từ độ cao 5,82 m. Trong giai đoạn này vận tốc hướng xuống và có độ lớn tăng từ 0 đến $|4 - 9,8.1,5| = 10,6$ m/s.

Giai đoạn này kéo dài từ $t_1 = 0,41$ s đến $t_2 = 1,5$ s.

Trong cả hai giai đoạn gia tốc của vật vẫn là $-9,8$ m/s^2 (Hình 7.1a)

d) Vận tốc của vật khi chạm đất là

$$v_2 = 4 - 9,8.1,5 = -10,6 \text{ m/s}$$

dấu trừ có nghĩa là vận tốc hướng xuống.

Bài 2

Quy luật về các độ dời thực hiện trong những khoảng thời gian bằng nhau của chuyển động nhanh dần đều.

Một vật chuyển động thẳng biến đổi đều với gia tốc bằng a và vận tốc đầu bằng không, $v_0 = 0$. Gọi l_1 là độ dời của vật sau khoảng thời gian τ đầu tiên.

a) Hãy tính theo l_1 độ dời của vật trong những khoảng thời gian bằng nhau liên tiếp và bằng τ.

b) Hãy tính hiệu của các độ dời thực hiện trong những khoảng thời gian bằng nhau liên tiếp τ và nghiệm lại rằng hiệu đó bằng $2l_1$, tức là bằng một số không đổi.

Bài giải

a) Lấy gốc toạ độ là lúc vật bắt đầu chuyển động. Phương trình chuyển động của vật là $x = \frac{1}{2}at^2$.

– Toạ độ của vật sau khoảng thời gian τ đầu tiên là :

$$x_1 = \frac{1}{2}a\tau^2$$

Độ dời của vật trong khoảng thời gian τ đầu tiên là :

$$l_1 = x_1 - x_0 = x_1 - 0 = \frac{1}{2}a\tau^2$$

– Toạ độ của vật sau khoảng thời gian τ thứ hai là :

$$x_2 = \frac{1}{2}a(2\tau)^2$$

Độ dời của vật trong khoảng thời gian τ thứ hai là :

$$l_2 = x_2 - x_1 = \frac{1}{2}a(2\tau)^2 - \frac{1}{2}a\tau^2 = 3.\frac{1}{2}a\tau^2 = 3l_1$$

– Toạ độ của vật sau khoảng thời gian τ thứ ba là :

$$x_3 = \frac{1}{2}a(3\tau)^2$$

Độ dời của vật trong khoảng thời gian τ thứ ba là :

$$l_3 = x_3 - x_2 = \frac{1}{2}a(3\tau)^2 - \frac{1}{2}a(2\tau)^2 = 5.\frac{1}{2}a\tau^2 = 5l_1$$

– Toạ độ của vật sau khoảng thời gian τ thứ tư là :

$$x_4 = \frac{1}{2}a(4\tau)^2$$

Độ dời của vật trong khoảng thời gian τ thứ tư là :

$$l_4 = x_4 - x_3 = \frac{1}{2}a(4\tau)^2 - \frac{1}{2}a(3\tau)^2 = 7.\frac{1}{2}a\tau^2 = 7l_1$$

Tiếp tục tính độ dời trong những khoảng thời gian τ tiếp theo, ta đi đến công thức tổng quát cho độ dời trong khoảng thời gian τ thứ n là :

$$l_n = x_n - x_{n-1} = \frac{1}{2}a(n\tau)^2 - \frac{1}{2}a[(n-1)\tau]^2$$

$$l_n = (2n-1)\frac{1}{2}a\tau^2 = (2n-1)l_1.$$

b) Ta có

$$l_2 - l_1 = 3l_1 - l_1 = 2l_1 \ ;$$

$$l_3 - l_2 = 5l_1 - 3l_1 = 2l_1 \ ;$$

$$l_4 - l_3 = 7l_1 - 5l_1 = 2l_1 \ \ldots$$

Vậy hiệu các độ dời đó bằng $2l_1$ và bằng một số không đổi :

$$\Delta l = 2l_1 = a\tau^2$$

Ghi chú : Người ta chứng minh được rằng nếu một chuyển động thẳng có các độ dời thoả mãn quy luật nói trên thì chuyển động đó là thẳng nhanh dần đều.

BÀI TẬP

1. Một ô tô đang chuyển động thẳng với vận tốc 72 km/h thì giảm đều tốc độ cho đến khi dừng lại. Biết rằng sau quãng đường 50 m, vận tốc giảm đi còn một nửa.

   a) Tính gia tốc của xe.

   b) Quãng đường đi được từ lúc vận tốc còn một nửa cho đến lúc xe dừng hẳn là bao nhiêu ?

2. Một người thợ xây ném một viên gạch theo phương thẳng đứng cho một người khác ở trên tầng cao 4 m. Người này chỉ việc giơ tay ngang ra là bắt được viên gạch. Hỏi vận tốc khi ném là bao nhiêu để cho vận tốc viên gạch lúc người kia bắt được là bằng 0 ?

3. Người ta ném một vật từ mặt đất lên trên cao theo phương thẳng đứng với vận tốc 4,0 m/s. Hỏi sau bao lâu thì vật đó rơi chạm đất ? Độ cao cực đại vật đạt được là bao nhiêu ? Vận tốc khi chạm đất là bao nhiêu ?

4. Một máy bay chở khách muốn cất cánh được phải chạy trên đường băng dài 1,8 km để đạt vận tốc 300 km/h. Hỏi máy bay phải có gia tốc không đổi tối thiểu bằng bao nhiêu ?

5. Một đoàn tàu dời ga chuyển động nhanh dần đều với gia tốc 0,1 m/s^2 trên đoạn đường 500 m, sau đó thì chuyển động đều. Hỏi sau 1 h tàu đi được quãng đường bằng bao nhiêu ?

8 CHUYỂN ĐỘNG TRÒN ĐỀU
TỐC ĐỘ DÀI VÀ TỐC ĐỘ GÓC

Chuyển động trên một quỹ đạo tròn của một chất điểm gọi là chuyển động tròn. Có rất nhiều vật chuyển động tròn như đầu mũi kim đồng hồ, một điểm trên vành đĩa máy mài hay trên cánh của quạt điện... Trái Đất quay quanh Mặt Trời, Mặt Trăng quay quanh Trái Đất cũng có thể coi là những ví dụ về chuyển động tròn.



Hình 8.1

Khi ô tô chạy trên đường vòng, người lái xe dùng vô lăng điều khiển cho xe chuyển hướng đều đặn, vạch thành một quỹ đạo cong.

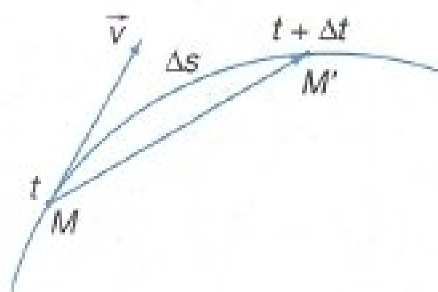
1. Vectơ vận tốc trong chuyển động cong

Khi chuyển động cong, vectơ vận tốc luôn luôn thay đổi hướng. Trong khoảng thời gian Δt, chất điểm dời chỗ từ M đến M'. Vectơ vận tốc trung bình của chất điểm trong khoảng thời gian đó bằng :

$$\vec{v}_{tb} = \frac{\overrightarrow{MM'}}{\Delta t}$$

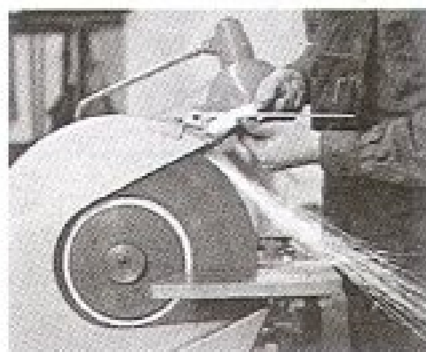
Nếu lấy Δt rất nhỏ thì M' rất gần M. Phương của $\overrightarrow{MM'}$ rất gần với tiếp tuyến tại M, độ lớn của $\overrightarrow{MM'}$ rất gần với độ dài cung đường đi được Δs. Bằng những lập luận chặt chẽ, người ta đi tới kết luận rằng, khi Δt dần tới 0 thì vectơ vận tốc trung bình trở thành vectơ vận tốc tức thời $\vec{v}$ tại thời điểm t. Vectơ vận tốc tức thời có phương trùng với tiếp tuyến của quỹ đạo tại M, cùng chiều với chuyển động và có độ lớn là

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad \text{(khi } \Delta t \text{ rất nhỏ)} \qquad (8.1)$$



Hình 8.2

Vectơ vận tốc $\vec{v}$ tại điểm M tiếp tuyến với quỹ đạo và hướng theo chiều chuyển động.



Hình 8.3

Máy mài đang quay đều. Mỗi điểm trên đá mài thực hiện một chuyển động tròn đều. Các tia lửa bắn ra theo phương tiếp tuyến với mép của đá mài cho ta hình dung phương của vectơ vận tốc của một điểm trên mép đá mài.

C1 Khi chuyển động tròn đều, chất điểm có thay đổi vận tốc không ?

2. Vectơ vận tốc trong chuyển động tròn đều. Tốc độ dài

Chuyển động cong có quỹ đạo tròn là chuyển động tròn.

***Chuyển động tròn là đều* khi chất điểm đi được những cung tròn có độ dài bằng nhau trong những khoảng thời gian bằng nhau tuỳ ý.**

Gọi Δs là độ dài cung tròn mà chất điểm đi được trong khoảng thời gian Δt.

Tại một điểm trên đường tròn, vectơ vận tốc $\vec{v}$ của chất điểm có phương trùng với tiếp tuyến và có chiều của chuyển động. Độ lớn của vectơ vận tốc $\vec{v}$ bằng :

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \text{hằng số} \qquad (8.2)$$

Như vậy, vectơ vận tốc của chất điểm trong chuyển động tròn đều có độ lớn không đổi nhưng có hướng luôn thay đổi. Ta sẽ gọi độ lớn của vectơ vận tốc trong chuyển động tròn đều là tốc độ dài để phân biệt với tốc độ góc sẽ nói ở dưới đây.

3. Chu kì và tần số của chuyển động tròn đều

Gọi T là khoảng thời gian chất điểm đi hết một vòng trên đường tròn. Từ công thức (8.2) ta có :

$$v = \frac{2\pi r}{T}, \qquad \text{hay}$$

$$T = \frac{2\pi r}{v} \qquad (8.3)$$

trong đó r là bán kính đường tròn ; vì v không đổi nên T là một hằng số và được gọi là *chu kì*.

Với bán kính quỹ đạo không đổi, chu kì càng nhỏ thì giá trị của vận tốc v của chất điểm càng lớn và ngược lại.

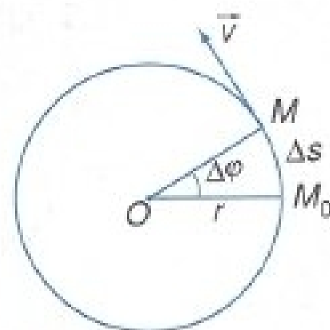
Chu kì là một đặc trưng của chuyển động tròn đều. Sau mỗi chu kì, chất điểm trở về vị trí ban đầu và lặp lại chuyển động như trước. Chuyển động như thế gọi là *tuần hoàn* với chu kì T.

Thay cho chu kì T có thể dùng *tần số f* để đặc trưng cho chuyển động tròn đều. Tần số f của chuyển động tròn đều là số vòng chất điểm đi được trong một giây, nên

$$f = \frac{1}{T} \quad (8.4)$$

Đơn vị của tần số là héc, kí hiệu là Hz :

1 Hz = 1 vòng/s = 1 s^{-1}.



Hình 8.4
Chất điểm đi từ M_0 đến M, vectơ tia OM_0 quay quanh O một góc $\Delta\varphi$ đến OM.

4. Tốc độ góc. Liên hệ giữa tốc độ góc với tốc độ dài

Khi chất điểm đi được một cung tròn $\widehat{M_0M} = \Delta s$ thì bán kính OM_0 của nó quét được một góc $\Delta\varphi$

$$\Delta s = r\Delta\varphi \quad (8.5)$$

trong đó r là bán kính đường tròn. Góc $\Delta\varphi$ được tính bằng rađian (viết tắt là rad). Thương số của góc quét $\Delta\varphi$ và thời gian Δt gọi là tốc độ góc

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \quad (8.6)$$

ω đo bằng rađian trên giây (rad/s).

Ta nhận thấy trong cùng một thời gian Δt, chuyển động tròn đều nào có tốc độ góc ω lớn thì góc quét $\Delta\varphi$ của bán kính OM lớn và ngược lại. Vậy tốc độ góc đặc trưng cho sự quét nhanh chậm của vectơ tia $\overrightarrow{OM}$ của chất điểm, hay còn nói tốc độ góc đặc trưng cho sự quay nhanh chậm quanh tâm O của vectơ tia của chất điểm.

Ta có $$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = r\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$$

hay $$v = r\omega \quad (8.7)$$

Công thức (8.7) cho ta mối liên hệ giữa tốc độ dài và tốc độ góc trong chuyển động tròn đều.

1 rađian là góc ở tâm chắn cung có độ dài bằng bán kính. Giữa đơn vị rađian và đơn vị độ có công thức liên hệ sau :

$$1 \text{ rad} = \frac{360^\circ}{2\pi} = 57^\circ18'$$

Giữa độ dài cung Δs và góc $\Delta\varphi$ ở tâm bị chắn có công thức :

$$\Delta s = r\Delta\varphi$$

Chu kì tự quay của các hành tinh trong hệ Mặt Trời

Chuyển động tự quay quanh trục của các hành tinh trong hệ Mặt Trời là nguyên nhân của hiện tượng ngày đêm. Độ dài một ngày đêm của mỗi hành tinh bằng chu kì tự quay của hành tinh đó.

Hành tinh	Chu kì ngày đêm*
Thuỷ tinh	58,646 ngày
Kim tinh	243,01 ngày
Trái Đất	23 h 56 min 04 s
Hoả tinh	24 h 37 min 23 s
Mộc tinh	9 h 53 min
Thổ tinh	10 h 39,9 min
Thiên Vương tinh	7 h 14 min
Hải Vương tinh	16 h 7 min
Diêm Vương tinh	6 ngày 9 h 17 min

* 1 ngày đêm = 24 h.

5. Liên hệ giữa tốc độ góc với chu kì T hay với tần số f

Thay công thức (8.7) vào công thức (8.3), ta có :

$$v = r\omega = \frac{2\pi r}{T}$$

Từ đó

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (8.8)$$

và

$$\omega = 2\pi f \quad (8.9)$$

Các công thức (8.8) và (8.9) cho ta mối liên hệ giữa tốc độ góc ω với chu kì T hay với tần số f.

Từ (8.9), ω còn được gọi là *tần số góc*.

CÂU HỎI

1. Hãy cho biết phương và chiều của vectơ vận tốc trong chuyển động tròn.
2. Viết các công thức tính tốc độ dài và tốc độ góc, từ đó suy ra công thức liên hệ giữa chúng.
3. Thế nào là chuyển động tuần hoàn với chu kì T ?
4. Viết các công thức liên hệ giữa tốc độ dài, tốc độ góc với chu kì T và với tần số f.

BÀI TẬP

1. Câu nào sau đây là đúng ?

   A. Trong các chuyển động tròn đều có cùng bán kính, chuyển động nào có chu kì quay lớn hơn thì có tốc độ dài lớn hơn.

   B. Trong các chuyển động tròn đều, chuyển động nào có chu kì quay nhỏ hơn thì có tốc độ góc nhỏ hơn.

   C. Trong các chuyển động tròn đều, chuyển động nào có tần số lớn hơn thì có chu kì nhỏ hơn.

   D. Trong các chuyển động tròn đều với cùng chu kì, chuyển động nào có bán kính nhỏ hơn thì có tốc độ góc nhỏ hơn.

2. Kim giờ của một đồng hồ dài bằng $\frac{3}{4}$ kim phút. Tìm tỉ số giữa tốc độ góc của hai kim và tỉ số giữa tốc độ dài của đầu mút hai kim.

3. Vệ tinh nhân tạo của Trái Đất ở độ cao 300 km bay với vận tốc 7,9 km/s. Tính tốc độ góc, chu kì, tần số của nó. Coi chuyển động là tròn đều. Bán kính Trái Đất bằng 6400 km.

9 GIA TỐC TRONG CHUYỂN ĐỘNG TRÒN ĐỀU

Khi nói đến chuyển động tròn đều, ta thường nghĩ là do tốc độ dài của chất điểm không đổi nên gia tốc của nó bằng không. Thực ra không phải như thế. Vận tốc của chất điểm chỉ không đổi về độ lớn nhưng nó luôn thay đổi về phương. Do đó chất điểm có một gia tốc. Ta hãy xem xét gia tốc này.

1. Phương và chiều của vectơ gia tốc

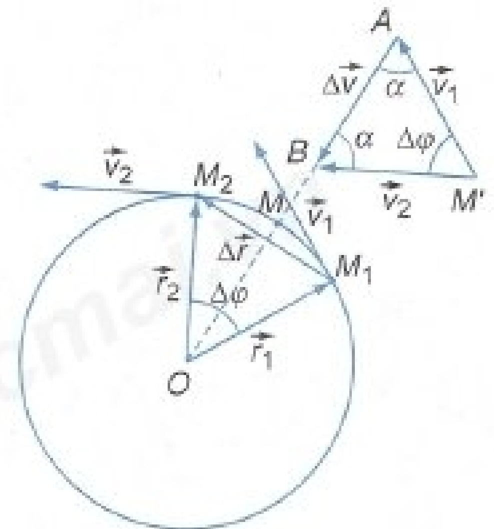
Giả sử tại thời điểm t_1, chất điểm ở vị trí M_1 có vận tốc $\vec{v}_1$; tại thời điểm t_2, chất điểm ở vị trí M_2 có vận tốc $\vec{v}_2$. Hình 9.1 cho thấy, bằng cách dịch chuyển song song các vectơ $\vec{v}_1$ và $\vec{v}_2$ đưa chúng về cùng một điểm gốc M', ta được một tam giác cân $M'AB$ có hai cạnh bằng $v = |\vec{v}_1| = |\vec{v}_2|$, góc ở đỉnh là $\Delta\varphi$ và hai góc đáy bằng nhau và bằng α.

Ta có : $2\alpha + \Delta\varphi = \pi$

hay $$\alpha = \frac{\pi}{2} - \frac{\Delta\varphi}{2} \quad (9.1)$$

Khi cho Δt rất bé thì $\Delta\varphi$ cũng rất bé, $\vec{v}_1$ và $\vec{v}_2$ gần trùng nhau và trùng với vận tốc $\vec{v}$ của chất điểm tại điểm M. Theo công thức (9.1), góc α gần bằng $\frac{\pi}{2}$ nghĩa là $\Delta\vec{v}$ (cùng phương, chiều với gia tốc $\vec{a}$ của chất điểm tại điểm M) trở nên vuông góc với $\vec{v}$ và hướng vào tâm vòng tròn. Vậy :

Trong chuyển động tròn đều, vectơ gia tốc vuông góc với vectơ vận tốc $\vec{v}$ và hướng vào tâm đường tròn. Nó đặc trưng cho sự biến đổi về hướng của vectơ vận tốc và được gọi là vectơ gia tốc hướng tâm, kí hiệu là $\vec{a}_{ht}$.



Hình 9.1

Tại điểm M nằm giữa cung tròn $\overset{\frown}{M_1M_2}$, hiệu hai vectơ vận tốc $\Delta\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$ có phương vuông góc với tiếp tuyến và hướng vào tâm O. Khi cho Δt nhỏ dần, điểm M_2 và điểm giữa M tiến dần đến M_1 và ba điểm này sẽ trùng với nhau. Vectơ $\Delta\vec{v}$ tại M luôn luôn có phương vuông góc với tiếp tuyến và hướng vào tâm.

C1 Có thực là trong chuyển động tròn đều vận tốc là không đổi ?

Ví dụ : Gia tốc hướng tâm của một chất điểm có tốc độ dài không đổi 6 m/s chuyển động trên một đường tròn bán kính 3 m bằng :

$$a_{ht} = \frac{v^2}{r} = \frac{6^2}{3} = 12 \text{ m/s}^2$$

2. Độ lớn của vectơ gia tốc hướng tâm

Ta có $$a_{ht} = |\vec{a}_{ht}| = \frac{|\Delta\vec{v}|}{\Delta t}$$

hay $$|\Delta\vec{v}| = a_{ht}\Delta t \quad (9.2)$$

Tam giác $M'AB$ đồng dạng với tam giác cân OM_1M_2 (với $OM_1 = OM_2 = r$) vì có góc ở đỉnh bằng nhau.

Theo tính chất của các tam giác đồng dạng, ta có :

$$\frac{|\Delta\vec{r}|}{r} = \frac{|\Delta\vec{v}|}{v} \quad (9.3)$$

Khi Δt rất nhỏ thì độ dài s của cung $\overset{\frown}{M_1M_2}$ bằng độ dài dây cung $|\Delta\vec{r}|$, tức là

$$|\Delta\vec{r}| = s = v\Delta t \quad (9.4)$$

Thay (9.2) và (9.4) vào (9.3), ta được :

$$\frac{v\Delta t}{r} = \frac{a_{ht}\Delta t}{v}$$

Từ đó ta được giá trị của gia tốc a_{ht} :

$$a_{ht} = \frac{v^2}{r} \quad (9.5)$$

Vì $v = \omega r$, ta còn viết được

$$a_{ht} = \omega^2 r \quad (9.6)$$

CÂU HỎI

1. Nói trong chuyển động tròn, gia tốc của chất điểm là gia tốc hướng tâm là đúng hay sai ? Giải thích.
2. Viết công thức gia tốc hướng tâm và nói rõ các đặc trưng của vectơ gia tốc hướng tâm.

BÀI TẬP

1. Hãy chọn câu đúng.

   Trong các chuyển động tròn đều

   A. có cùng bán kính thì chuyển động nào có chu kì lớn hơn sẽ có tốc độ dài lớn hơn.

   B. chuyển động nào có chu kì nhỏ hơn thì có tốc độ góc nhỏ hơn.

C. chuyển động nào có tần số lớn hơn thì có chu kì nhỏ hơn.

D. có cùng chu kì thì chuyển động nào có bán kính nhỏ hơn sẽ có tốc độ góc nhỏ hơn.

2. Tính gia tốc của đầu mút kim giây của một đồng hồ. Chiều dài của kim là 2,5 cm.

3. Tính gia tốc của Mặt Trăng trong chuyển động quay quanh Trái Đất. Biết khoảng cách giữa Trái Đất và Mặt Trăng là $3{,}84.10^8$ m, chu kì quay là 27,32 ngày.

Em có biết ?

VỆ TINH NHÂN TẠO CỦA TRÁI ĐẤT

Nhà bác học Niu-tơn trong một tác phẩm của mình (đầu thế kỉ XVII) đã đề xuất nguyên lí tạo ra vệ tinh nhân tạo của Trái Đất. Lập luận rất đơn giản của ông là hình dung một vật được ném theo phương nằm ngang từ một đỉnh núi. Rõ ràng là vật được ném càng mạnh (vận tốc đầu càng lớn) thì vật càng đi xa. Vậy nếu cung cấp cho vật một vận tốc đầu đủ lớn thì nó sẽ bay quanh Trái Đất mà không bị rơi xuống mặt đất.

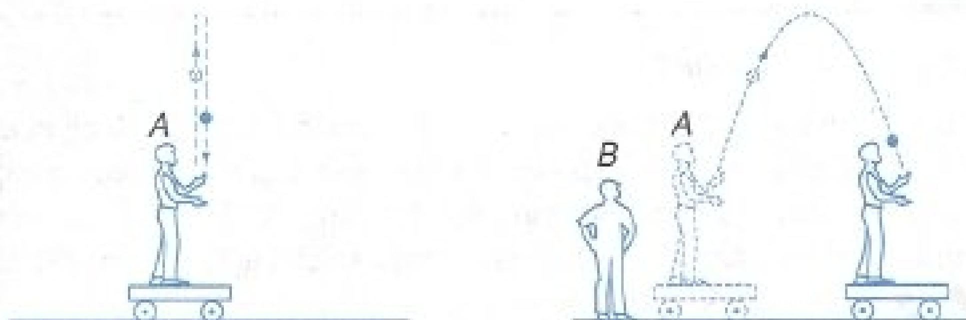
Mãi hai thế kỉ sau, loài người mới thực hiện được ý tưởng của ông : năm 1957, Liên Xô (nước Nga ngày nay) phóng thành công vệ tinh nhân tạo đầu tiên, mang tên Xpút-nhích, bay quanh Trái Đất ở độ cao 1 000 km.

Hiện nay có tới vài trăm vệ tinh nhân tạo đang bay quanh Trái Đất. Các vệ tinh đó được phóng lên nhằm các mục đích khác nhau : nghiên cứu khí tượng, truyền thông, tình báo quân sự...

Đến năm 2008, nước ta sẽ có một vệ tinh viễn thông mang tên Vi-na-sát. Khi đó chúng ta sẽ phủ sóng khắp miền lãnh thổ và lãnh hải.

10 TÍNH TƯƠNG ĐỐI CỦA CHUYỂN ĐỘNG CÔNG THỨC CỘNG VẬN TỐC

1. Tính tương đối của chuyển động



Hình 10.1

Đối với người đứng trên xe chuyển động thẳng đều, quả bóng rơi theo phương thẳng đứng.

Đối với người đứng trên đường, xe chuyển động thẳng đều, quỹ đạo của quả bóng là một đường parabol.

Đối với hai người ở trong hai hệ quy chiếu khác nhau (Hình 10.1) thì chuyển động của quả bóng không giống nhau. Trong hệ quy chiếu gắn với xe, quả bóng đi lên rồi đi xuống trên một đường thẳng đứng ; còn trong hệ quy chiếu gắn với mặt đường, quả bóng bay theo quỹ đạo parabol. Như vậy, quỹ đạo và vận tốc của quả bóng đối với hai hệ quy chiếu là khác nhau.

Ta rút ra kết luận chung : Kết quả xác định vị trí và vận tốc của cùng một vật tuỳ thuộc hệ quy chiếu. *Vị trí (do đó quỹ đạo) và vận tốc của một vật có tính tương đối.*

2. Ví dụ về chuyển động của người đi trên bè

Xét chuyển động của một người đi trên một chiếc bè đang trôi trên sông.

Ta gọi hệ quy chiếu gắn với bờ sông là *hệ quy chiếu đứng yên*, hệ quy chiếu gắn với bè là *hệ quy chiếu chuyển động*. Vận tốc của người đối với hệ quy chiếu đứng yên gọi là *vận tốc tuyệt đối* ; vận tốc của người đối với hệ quy chiếu chuyển động gọi là *vận tốc tương đối* ; vận tốc của hệ quy chiếu chuyển động đối

với hệ quy chiếu đứng yên gọi là *vận tốc kéo theo*. Ta hãy tìm công thức liên hệ giữa các vận tốc này.

a) Trường hợp người đi dọc từ cuối về phía đầu bè

Đối với bờ sông, lúc đầu vị trí A của cuối bè và vị trí B của người trùng nhau (Hình 10.2). Sau khoảng thời gian Δt, điểm cuối bè dịch chuyển đến vị trí A'. Khi đó người đã đi được một đoạn trên bè nên có vị trí B'.



Hình 10.2 Vị trí của người và bè

Ta có :

$\overrightarrow{AB'}$ là độ dời của người đối với bờ, là độ dời tuyệt đối,

$\overrightarrow{A'B'}$ là độ dời của người đối với bè, là độ dời tương đối,

$\overrightarrow{AA'}$ là độ dời của bè đối với bờ, là độ dời kéo theo.

Như vậy, độ dời của người đối với bờ là :

$$\overrightarrow{AB'} = \overrightarrow{AA'} + \overrightarrow{A'B'} = \overrightarrow{A'B'} + \overrightarrow{AA'}$$

Chia cả hai vế cho Δt, ta được

$$\frac{\overrightarrow{AB'}}{\Delta t} = \frac{\overrightarrow{AA'}}{\Delta t} + \frac{\overrightarrow{A'B'}}{\Delta t} = \frac{\overrightarrow{A'B'}}{\Delta t} + \frac{\overrightarrow{AA'}}{\Delta t}$$

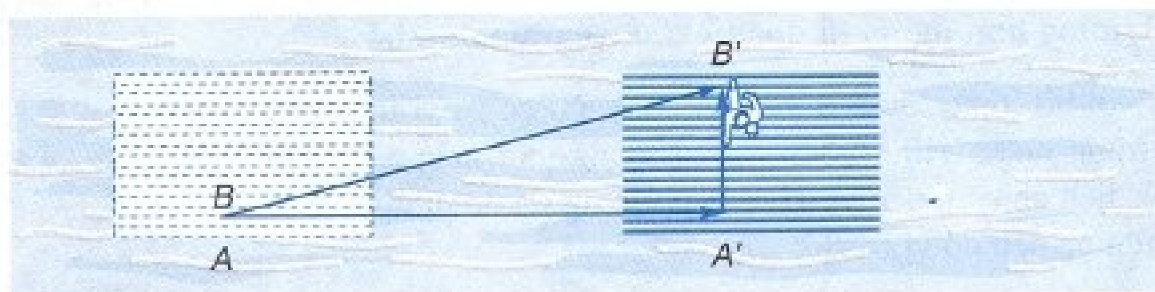
tức là : $\vec{v}_{1,3} = \vec{v}_{1,2} + \vec{v}_{2,3}$ (10.1)

trong đó $\vec{v}_{1,3}$ là vận tốc của người (1) đối với bờ (3), là vận tốc tuyệt đối

$\vec{v}_{1,2}$ là vận tốc của người (1) đối với bè (2), là vận tốc tương đối

$\vec{v}_{2,3}$ là vận tốc của bè (2) đối với bờ (3), là vận tốc kéo theo.

b) Trường hợp người đi ngang trên bè từ mạn này sang mạn kia



Hình 10.3

Hình 10.3 cho ta thấy các vectơ độ dời là :

$\overrightarrow{AB'}$ là vectơ độ dời tuyệt đối của người đối với bờ,

$\overrightarrow{A'B'}$ là vectơ độ dời tương đối của người đối với bè,

$\overrightarrow{AA'}$ là vectơ độ dời kéo theo của bè đối với bờ.

Ta có :

$$\overrightarrow{AB'} = \overrightarrow{AA'} + \overrightarrow{A'B'} = \overrightarrow{A'B'} + \overrightarrow{AA'}$$

Chia cả hai vế cho Δt, ta được đẳng thức vectơ :

$$\frac{\overrightarrow{AB'}}{\Delta t} = \frac{\overrightarrow{A'B'}}{\Delta t} + \frac{\overrightarrow{AA'}}{\Delta t}$$

tức là $$\vec{v}_{1,3} = \vec{v}_{1,2} + \vec{v}_{2,3} \quad (10.2)$$

trong đó các kí hiệu tương tự ở công thức (10.1).

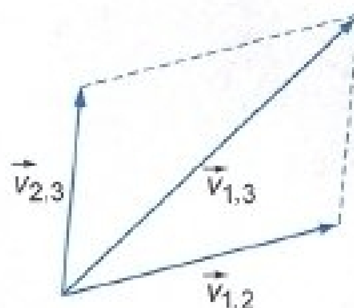
Các công thức (10.1) và (10.2) có ý nghĩa như sau : Vận tốc tuyệt đối của người đối với bờ bằng vận tốc tương đối của người đối với bè cộng với vận tốc kéo theo của bè đối với bờ.

3. Công thức cộng vận tốc

Từ các lập luận ở mục 2 có thể phát biểu quy tắc cộng vận tốc của một vật đối với *hai hệ quy chiếu chuyển động tịnh tiến* đối với nhau :

Tại mỗi thời điểm, vectơ vận tốc tuyệt đối bằng tổng vectơ của vectơ vận tốc tương đối và vectơ vận tốc kéo theo

$$\vec{v}_{1,3} = \vec{v}_{1,2} + \vec{v}_{2,3} \quad (10.3)$$



Hình 10.4 Quy tắc cộng vận tốc

4. Bài tập vận dụng

Một chiếc phà luôn luôn hướng mũi theo phương vuông góc với bờ sông chạy sang bờ bên kia với vận tốc 10 km/h đối với nước sông. Cho biết nước sông chảy với vận tốc 5 km/h. Xác định vận tốc của phà đối với một người đứng trên bờ.

Bài giải

Gọi :

$\vec{v}_{1,3}$ là vận tốc của phà đối với bờ,

$\vec{v}_{1,2}$ là vận tốc của phà đối với nước sông,

$\vec{v}_{2,3}$ là vận tốc của nước sông đối với bờ.

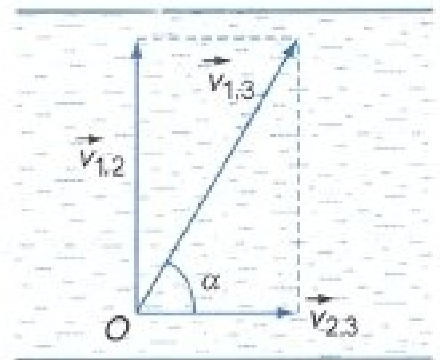
Các vectơ được biểu diễn ở Hình 10.5. Do phà hướng vuông góc với bờ sông nên vectơ $\vec{v}_{1,2}$ vuông góc với vectơ $\vec{v}_{2,3}$. Vectơ $\vec{v}_{1,3}$ có độ lớn bằng :

$$v_{1,3}^2 = v_{1,2}^2 + v_{2,3}^2$$

$$v_{1,3} = \sqrt{10^2 + 5^2} = 11,2 \text{ km/h}$$

Theo Hình 10.5, ta tìm được góc α xác định hướng chuyển động của phà. Ta có :

$$\tan\alpha = \frac{v_{1,2}}{v_{2,3}} = \frac{10}{5} = 2 ;\ \alpha = 63,43^\circ.$$



Hình 10.5

Các vận tốc tương đối, kéo theo vuông góc với nhau.

Ghi chú. Trong trường hợp người lái phà không hướng mũi phà vuông góc với bờ sông mà hướng theo một phương nào đó sao cho phà chạy vuông góc với bờ sông sang vị trí đối diện ở bờ bên kia, ta có Hình 10.6. Ta hãy xác định phương đó.

Theo Hình 10.6 độ lớn của vận tốc $\vec{v}_{1,3}$ là

$$v_{1,3}^2 = v_{1,2}^2 - v_{2,3}^2$$

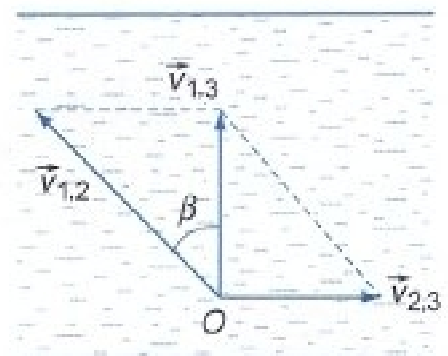
$$v_{1,3} = \sqrt{10^2 - 5^2} = 8,66 \text{ km/h}$$

Góc β giữa hướng mũi phà và phương vuông góc với bờ sông được tính bằng

$$\tan\beta = \frac{v_{2,3}}{v_{1,3}} = \frac{5}{8,66} = 0,5773$$

$$\beta = 30^\circ.$$

Vậy mũi phà hướng một góc 30° về phía thượng lưu.



Hình 10.6

Các vận tốc tương đối và kéo theo hợp với nhau một góc sao cho vận tốc tuyệt đối hướng vuông góc với bờ sông.

CÂU HỎI

1. Những đại lượng động học nào có tính tương đối ?
2. Giải thích tại sao khi trời không có gió người ngồi trên xe chạy thấy mưa như rơi xiên góc.
3. Viết quy tắc cộng vận tốc và giải thích.

BÀI TẬP

1. Hãy tìm phát biểu **sai**.
   A. Quỹ đạo của một vật là tương đối, đối với các hệ quy chiếu khác nhau thì quỹ đạo của vật là khác nhau.
   B. Vận tốc của vật là tương đối. Trong các hệ quy chiếu khác nhau thì vận tốc của cùng một vật là khác nhau.
   C. Khoảng cách giữa hai điểm trong không gian là tương đối.
   D. Toạ độ của một chất điểm phụ thuộc hệ quy chiếu.
2. Một chiếc thuyền chuyển động ngược dòng với vận tốc 14 km/h so với mặt nước. Nước chảy với tốc độ 9 km/h so với bờ. Hỏi vận tốc của thuyền so với bờ ? Một em bé đi từ đầu thuyền đến cuối thuyền với vận tốc 6 km/h so với thuyền. Hỏi vận tốc của em bé so với bờ ?
3. Hai bến sông *A* và *B* cách nhau 18 km theo đường thẳng. Một chiếc ca nô phải mất bao nhiêu thời gian để đi từ *A* đến *B* rồi trở lại ngay từ *B* về *A* ? Biết rằng vận tốc của canô khi nước không chảy là 16,2 km/h và vận tốc của dòng nước so với bờ sông là 1,5 m/s.
4. Một người lái xuồng máy dự định mở máy cho xuồng chạy ngang con sông rộng 240 m, mũi xuồng luôn luôn vuông góc với bờ sông. Nhưng do nước chảy nên xuồng sang đến bờ bên kia tại một địa điểm cách bến dự định 180 m về phía hạ lưu và xuồng đi hết 1 min. Xác định vận tốc của xuồng so với dòng sông.



SAI SỐ TRONG THÍ NGHIỆM THỰC HÀNH

1. Sai số trong đo lường

a) Phép đo và sai số

Kết quả của các phép đo không bao giờ đúng hoàn toàn với giá trị thật của đại lượng cần đo. Nói cách khác là mọi phép đo đều có sai số. Nguyên nhân gây ra sai số của các phép đo có thể là do dụng cụ đo, quy trình đo, chủ quan của người đo... *(đã học ở THCS).*

Ví dụ : Khi đo chiều dài l năm lần được các giá trị l_1, l_2, l_3, l_4, l_5, người ta coi giá trị gần đúng của độ dài là trung bình cộng của năm lần đo

$$l \approx \overline{l} = \frac{l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5}{5}$$

với sai số chung cho năm lần đo là $\Delta l = \dfrac{l_{max} - l_{min}}{2}$

Như vậy giá trị của độ dài cần đo nằm trong khoảng từ $\overline{l} - \Delta l$ đến $\overline{l} + \Delta l$, ta có thể viết

$$l = \overline{l} \pm \Delta l$$

b) Các loại sai số thường dùng

- Sai số tuyệt đối : $\Delta l = \dfrac{l_{max} - l_{min}}{2}$
- Sai số tỉ đối : $\dfrac{\Delta l}{\overline{l}}$ (%)

c) Phân loại sai số theo nguyên nhân

- Sai số hệ thống : Là loại sai số có tính quy luật ổn định.

Ví dụ : Dùng thước đo có độ chia nhỏ nhất (ĐCNN) là 1 mm thì sẽ có sai số do dụng cụ là 0,5 mm.

- Sai số ngẫu nhiên : Là loại sai số do các tác động ngẫu nhiên gây nên.

Ví dụ : Người bấm đồng hồ đo thời gian sớm hay muộn sẽ gây sai số.

Sai số Δl ở mục a) bao gồm cả sai số hệ thống và sai số ngẫu nhiên.

d) Số chữ số có nghĩa (CSCN)

Số CSCN của một số là tất cả các chữ số tính từ trái sang phải kể từ chữ số khác 0 đầu tiên.

Số 13,1 có 3 CSCN.

Số 13,10 có 4 CSCN.

Số $1,30.10^3$ có 3 CSCN.

Số chữ số có nghĩa *càng nhiều* cho biết kết quả *có sai số càng nhỏ (độ chính xác càng cao).*

đ) Tính sai số và ghi kết quả đo lường

– Sai số của một tổng : $\Delta(a \pm b) = \Delta a + \Delta b$

– Sai số tỉ đối :

• của một tích : $\dfrac{\Delta(ab)}{ab} = \dfrac{\Delta a}{a} + \dfrac{\Delta b}{b}$

• của một thương : $\dfrac{\Delta\left(\dfrac{a}{b}\right)}{\dfrac{a}{b}} = \dfrac{\Delta a}{a} + \dfrac{\Delta b}{b}$

• của một luỹ thừa : $\dfrac{\Delta(a^n)}{a^n} = n\dfrac{\Delta a}{a}$

• của một căn thức : $\dfrac{\Delta(\sqrt[n]{a})}{\sqrt[n]{a}} = \dfrac{1}{n}\dfrac{\Delta a}{a}$

– Ghi kết quả : Số CSCN của kết quả *không được nhiều* hơn số CSCN của dữ kiện kém chính xác nhất.

e) Hạn chế sai số

– Trong thực nghiệm vật lí bao giờ cũng có sai số, cần cố gắng hạn chế sai số ngẫu nhiên trong thao tác.

– Cần chọn thiết bị, phương án thực nghiệm để có sai số hệ thống phù hợp với cấp học.

2. Biểu diễn sai số trong đồ thị

Đồ thị đã được sử dụng rất nhiều trong Toán, Vật lí và nhiều bộ môn ở chương trình THCS. Khi sử dụng đồ thị trong các bài

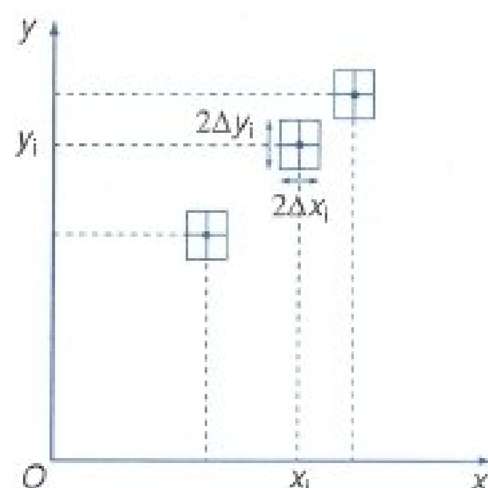
thí nghiệm Vật lí cần chú ý cách biểu diễn các giá trị có sai số như sau :

– Mỗi giá trị có được từ thực nghiệm (gọi là giá trị thực nghiệm) đều có sai số, ví dụ $x_i \pm \Delta x$, $y_i \pm \Delta y$...

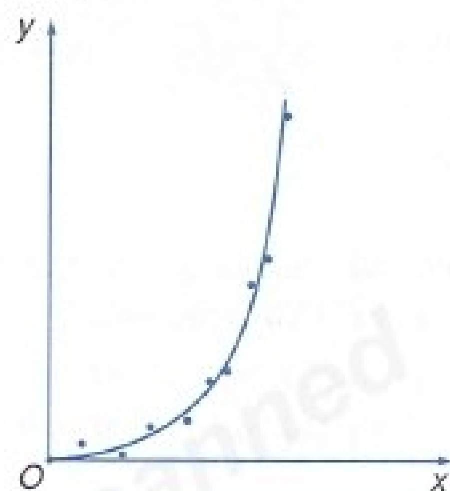
– Trên đồ thị mỗi giá trị sẽ được biểu diễn bằng một điểm nằm giữa một ô chữ nhật có cạnh là $2\Delta x_i$ và $2\Delta y_i$ (Hình 11.1).

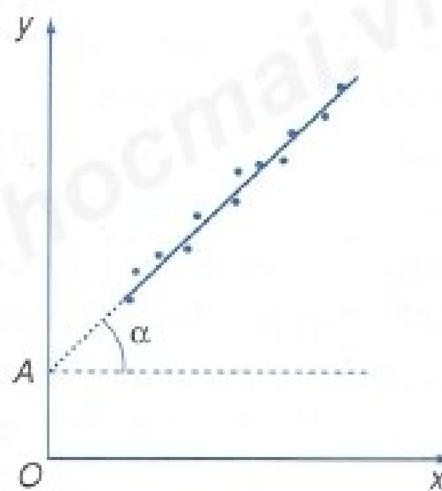
– Thông thường, không cần phải vẽ các ô sai số mà chỉ vẽ khi cần biểu diễn sai số.

– Đường biểu diễn mối quan hệ giữa các đại lượng là một đường cong trơn *đi qua gần nhất* các điểm thực nghiệm (Hình 11.2).



Hình 11.1 Các điểm thực nghiệm và ô sai số





Hình 11.2
Đường cong trơn đi gần các điểm thực nghiệm nhất biểu diễn mối quan hệ hàm số giữa *x* và *y*.

3. Hệ đơn vị. Hệ SI

– Hệ đơn vị là tập hợp các đơn vị có liên quan dùng trong đo lường.

– Hệ đơn vị đo lường hợp pháp của nước Việt Nam là Hệ đơn vị quốc tế SI (Système International).

– Hệ SI có 7 đơn vị cơ bản và nhiều đơn vị dẫn xuất. 7 đơn vị cơ bản là :

• độ dài : mét (m),

• cường độ dòng điện : ampe (A),
• thời gian : giây (s),
• cường độ sáng : canđela (cd),
• khối lượng : kilôgam (kg),
• lượng chất : mol (mol),
• nhiệt độ : kenvin (K).

Chú ý : Điều kiện cần (nhưng chưa đủ) để một công thức đúng là hai vế của công thức có cùng đơn vị (trong đó phải kể cả đơn vị của hệ số hoặc hằng số, nếu có).

BÀI TẬP

1. Chọn số liệu kém chính xác nhất trong các số liệu dưới đây.
Số gia cầm của trang trại *A* có khoảng.
A. $1{,}2.10^3$ con.
B. 1 230 con.
C. $1{,}23.10^3$ con.
D. 1.10^3 con.
2. Dùng thước thẳng có GHĐ 20 cm và ĐCNN 0,5 cm để đo chiều dài chiếc bút máy. Nếu chiếc bút có độ dài cỡ 15 cm thì phép đo này có sai số tuyệt đối và sai số tỉ đối là bao nhiêu ?
3. Trên đồ thị ở Hình 11.2b, nếu kéo dài đường biểu diễn ta sẽ có góc α. Nếu trục *y* biểu diễn vận tốc, trục hoành *x* biểu diễn thời gian, thì góc α và điểm *A* cho biết giá trị của các đại lượng nào ?

12 Thực hành : XÁC ĐỊNH GIA TỐC RƠI TỰ DO

1. Mục đích

– Xác định giá trị của gia tốc rơi tự do bằng thực nghiệm.

– Biết cách dùng bộ rung và đồng hồ đo thời gian hiện số để đo khoảng thời gian nhỏ, qua đó củng cố các thao tác cơ bản về thí nghiệm và xử lí kết quả bằng tính toán và đồ thị.

– Củng cố kiến thức về sự rơi tự do.

2. Cơ sở lí thuyết

– Quy luật rơi tự do không có vận tốc ban đầu với các công thức : $s = \frac{gt^2}{2}$; $v = \frac{2s}{t}$.

– Dòng điện dân dụng có tần số không đổi 50 Hz.

– Hiện tượng quang điện (sẽ học ở lớp 12).

3. Phương án thí nghiệm

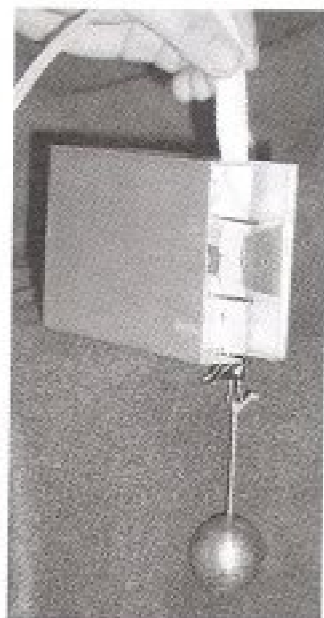
a) Phương án 1

– Dụng cụ thí nghiệm

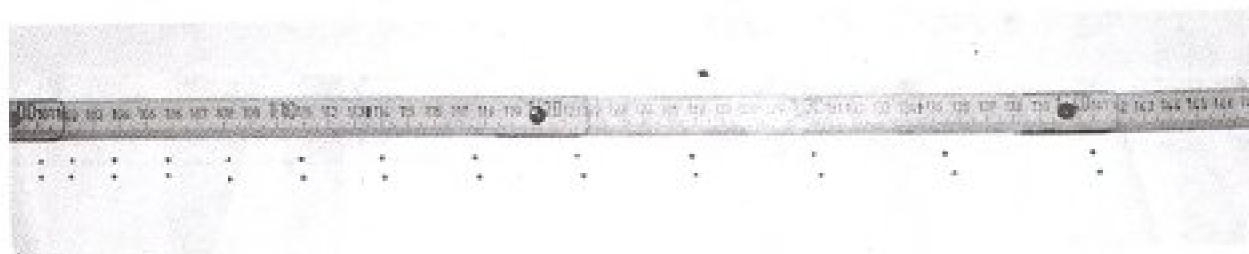
- Bộ rung đo thời gian.
- Quả nặng, dây treo, kẹp.
- Thước đo dẹt có giới hạn đo (GHĐ) 30 cm, ĐCNN 1 mm.

– Tiến trình thí nghiệm

- Đặt bộ rung sát mép bàn.
- Tẩm mực cho đầu kim, luồn băng giấy vào bộ rung, đầu dưới treo quả nặng, đầu trên do tay giữ sao cho ít ma sát nhất và đầu kim tì nhẹ trên băng giấy.
- Nối bộ rung với nguồn điện 220 V – 50 Hz, bật điện, buông tay cho băng rơi. Trên băng sẽ có các chấm đen do bút dạ vẽ lên.
- Làm lại ba lần với các quả nặng khác nhau.



Hình 12.1 Thao tác thí nghiệm với bộ rung



Hình 12.2 Hình ảnh ghi được trên hai băng giấy

Hình 12.2 cho ta ví dụ về kết quả của hai lần thí nghiệm. Trên hai băng giấy, ta thu được hai dãy chấm đen, khoảng thời gian giữa hai chấm liền kề là 0,02 s.

– Ghi số liệu

- Đo khoảng cách giữa các chấm.
- Ghi thời gian tương ứng.
- Lập bảng có ba dòng tương ứng với các đại lượng : khoảng cách rơi (m), thời gian rơi tương ứng (s), gia tốc g sẽ tính.

Mỗi dòng có ít nhất ba số liệu ứng với ba lần đo.

– Xử lí số liệu

- Tính g của mỗi lần đo.
- Tính giá trị trung bình của gia tốc g, và sai số trung bình.

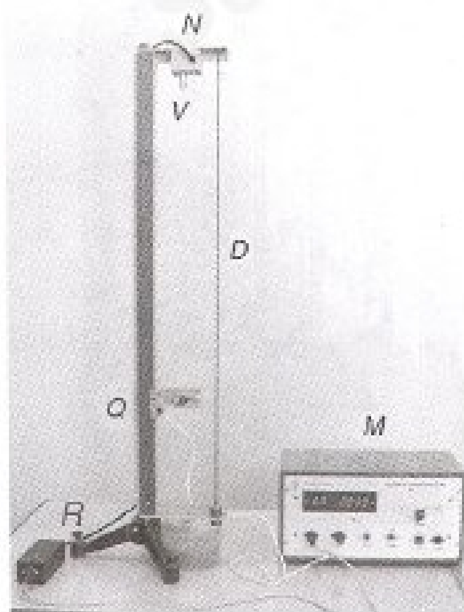
b) Phương án 2

– Dụng cụ thí nghiệm

- Đồng hồ đo thời gian hiện số.
- Dụng cụ đo gia tốc rơi tự do (Hình 12.3).
- Nam châm điện N được lắp trên đỉnh giá đỡ.
- Cổng quang điện Q được lắp ở dưới, cách N một khoảng s = 0,600 m.

– Tiến trình thí nghiệm

- Chỉnh các vít chân đế và quan sát quả dọi D sao cho hai lỗ tròn của Q, N đồng trục.
- Đặt vật rơi V (trụ kim loại) dính vào chân nam châm điện N.
- Nhấn nút công tắc R cho trụ rơi, đồng thời khởi động đồng hồ đo.



Hình 12.3 Dụng cụ đo gia tốc rơi tự do

• Đọc kết quả thời gian rơi trên đồng hồ.

• Lặp lại thao tác với các khoảng cách s là 0,200 ; 0,300 ; 0,400 ; 0,500 ; 0,600 m.

– Ghi số liệu

• Đo thời gian rơi ứng với các khoảng cách s khác nhau và lập bảng số liệu thích hợp.

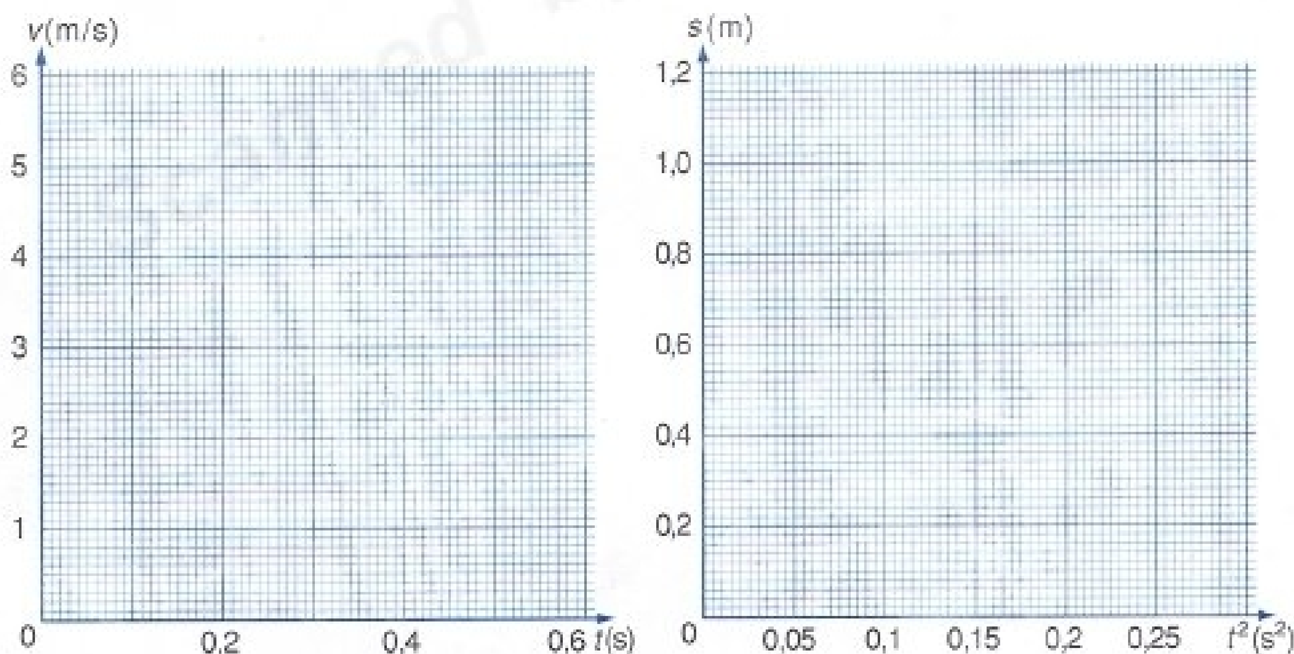
• Có thể tham khảo bảng dưới đây :

Lần đo / s (m)	Thời gian rơi t (s)			$\bar{t}$	t^2	g	v
	1	2	3				
0,200							
...	...	...	...				
0,600							

– Xử lí số liệu

• Tính các giá trị cho bảng số liệu.

• Vẽ đồ thị của v theo t và s theo t^2.



Hình 12.4 *Giấy kẻ ô để vẽ đồ thị*

– Nhận xét về các đồ thị thu được.

4. Báo cáo thí nghiệm

Viết theo các nội dung sau :

a) Mục đích của thí nghiệm.

b) Cơ sở lí thuyết của hai phương án.

c) Thực hiện một phương án đã chọn, lí do chọn phương án, nêu các thao tác chính đã làm.

Bảng số liệu của các lần thí nghiệm.

d) Kết quả : Tìm giá trị gần đúng và sai số, nhận xét về các giá trị thu được, nhận xét về các đồ thị thu được.

e) Nhận xét về phép đo.

CÂU HỎI

1. Theo em hai dãy chấm đen trên băng giấy ở Hình 12.2 khác nhau như thế nào ? Nguyên nhân nào trong thí nghiệm có thể gây ra sự sai khác ấy ?
2. Hãy dự đoán trong hai phương án nêu trong bài thì phương án nào cho kết quả có sai số nhỏ hơn, vì sao ?

TÓM TẮT CHƯƠNG I

Chủ đề	Ý chính
Hệ quy chiếu Độ dời Vận tốc trung bình Vận tốc tức thời Chuyển động thẳng đều Gia tốc trung bình Gia tốc tức thời Chuyển động thẳng biến đổi đều Rơi tự do Chuyển động tròn đều Gia tốc hướng tâm Cộng vận tốc	**Hệ quy chiếu = Hệ toạ độ gắn với vật mốc + đồng hồ và gốc thời gian**

Các khái niệm độ dời, vận tốc, gia tốc đều liên quan chặt chẽ với toạ độ của chất điểm và là những đại lượng vectơ.

Trong chuyển động thẳng, các vectơ đó cùng phương với quỹ đạo của chất điểm. Chọn trục Ox trùng với quỹ đạo thẳng, ta chỉ xét giá trị đại số của các đại lượng trên.

a) ***Độ dời*** $\Delta x = x_2 - x_1$; x_1, x_2 là toạ độ của chất điểm tại các thời điểm t_1 và t_2 tương ứng.

b) ***Vận tốc trung bình*** $v_{tb} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

Nói chung v_{tb} khác với tốc độ trung bình (tốc độ trung bình bằng $\frac{\Delta s}{\Delta t}$; Δs là quãng đường đi được).

c) ***Vận tốc tức thời*** $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ khi Δt rất nhỏ,

v có độ lớn bằng tốc độ tức thời.

d) ***Gia tốc trung bình*** $a_{tb} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

e) ***Gia tốc tức thời*** $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ khi Δt rất nhỏ.

Chuyển động thẳng đều

a) Vận tốc tức thời không đổi.

b) Phương trình chuyển động : $x = x_0 + vt$

c) Vận tốc không phụ thuộc thời gian, v = hằng số

Chuyển động thẳng biến đổi đều

Gia tốc tức thời không đổi (a = hằng số)

a) Phương trình chuyển động : $x = x_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2$

b) Công thức vận tốc : $v = v_0 + at$

Đường biểu diễn là nửa đường thẳng xiên góc xuất phát từ điểm (v_0, 0), có hệ số góc bằng giá trị gia tốc *a*.

- Khi $v.a > 0$ chuyển động nhanh dần.
- Khi $v.a < 0$ chuyển động chậm dần.

c) Một công thức cần nhớ : $v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x$,

Δx là độ dời khi chất điểm biến đổi vận tốc từ v_0 đến *v*.

Rơi tự do. Gia tốc rơi tự do *g*

Rơi tự do là chuyển động theo đường thẳng đứng từ trên xuống chỉ dưới tác dụng của trọng lực, đó là chuyển động nhanh dần đều.

Ở cùng một nơi trên Trái Đất và ở gần mặt đất, các vật rơi tự do đều có cùng gia tốc *g*.

Chuyển động tròn đều

a) Vectơ vận tốc dài có phương trùng với tiếp tuyến của đường tròn tại điểm đang xét, hướng theo chiều chuyển động và có độ lớn không đổi. Độ lớn ấy gọi là tốc độ dài, và bằng :

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

b) Tốc độ góc : $\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$

φ là góc quét, tính bằng rad, ω tính bằng rad/s.

c) Liên hệ giữa tốc độ dài và tốc độ góc

$$v = r\omega$$

r là bán kính quỹ đạo.

Chuyển động tròn đều có tính tuần hoàn với chu kì *T* và tần số *f* :

$$T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega}; \ \omega = 2\pi f$$

d) *Gia tốc hướng tâm* của chuyển động tròn đều :

- Phương dọc theo vectơ tia của điểm đang xét.
- Chiều hướng vào tâm.
- Độ lớn $$a_{ht} = \frac{v^2}{r} = r\omega^2$$

Cộng vận tốc

Công thức cộng vận tốc $\vec{v}_{1,3} = \vec{v}_{1,2} + \vec{v}_{2,3}$

trong đó số 1 chỉ vật, số 2 chỉ hệ quy chiếu chuyển động, số 3 chỉ hệ quy chiếu đứng yên.

$\vec{v}_{1,3}$ là vận tốc tuyệt đối ; $\vec{v}_{1,2}$ là vận tốc tương đối ; $\vec{v}_{2,3}$ là vận tốc kéo theo.

CHƯƠNG II

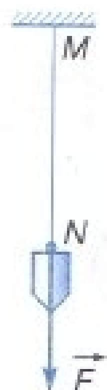
Động lực học chất điểm



NIU-TƠN
(Isaac Newton 1642 - 1727)

Chương này trình bày ba định luật Niu-tơn. Đó là cơ sở của toàn bộ cơ học. Ngoài ra, trong chương này ta còn đề cập đến những lực hay gặp trong cơ học : lực hấp dẫn, lực đàn hồi và lực ma sát. Các định luật Niu-tơn được vận dụng để khảo sát một số chuyển động đơn giản dưới tác dụng của những lực nói trên.

13 LỰC. TỔNG HỢP VÀ PHÂN TÍCH LỰC



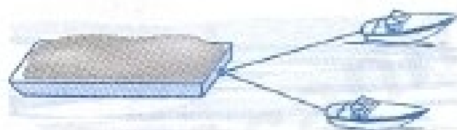
Hình 13.1 Ví dụ về vectơ lực

Lực $\vec{F}$ do quả dọi tác dụng lên dây treo MN có :

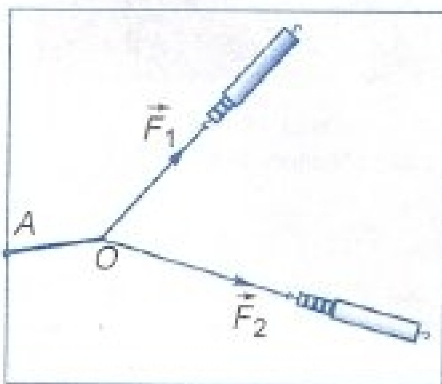
– Điểm đặt là điểm N của dây.

– Phương là phương thẳng đứng.

– Chiều hướng từ trên xuống dưới.



Hình 13.2 Ví dụ về vật chịu tác dụng của nhiều lực



Hình 13.3 Thí nghiệm về tổng hợp lực

1. Nhắc lại về lực

Ở các lớp dưới, ta đã dùng khái niệm lực để đặc trưng cho tác dụng của vật này lên vật khác. Khi vật A tác dụng lên vật B một lực, nó sẽ làm cho vận tốc của B thay đổi hoặc làm B biến dạng.

Ta cũng đã biết vectơ lực được biểu diễn bằng một mũi tên :

– Gốc của mũi tên là điểm đặt của lực.

– Phương và chiều của mũi tên là phương và chiều của lực.

– Độ dài của mũi tên biểu thị độ lớn của lực (theo một tỉ xích nhất định).

2. Tổng hợp lực

Hình 13.2 cho ta ví dụ về một vật (chiếc sà lan) chịu tác dụng đồng thời của nhiều lực. Dưới đây ta xét hiệu quả tác dụng đồng thời của hai hay nhiều lực lên một vật.

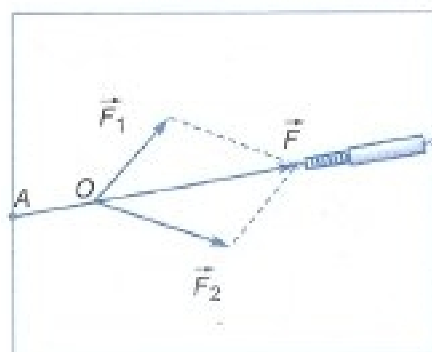
Tổng hợp lực là thay thế nhiều lực tác dụng đồng thời vào một vật bằng một lực có tác dụng giống hệt như tác dụng của toàn bộ những lực ấy.

Lực thay thế này gọi là *hợp lực*. Các lực được thay thế gọi là các *lực thành phần*.

a) Thí nghiệm

Bố trí thí nghiệm như ở Hình 13.3 trên một tấm bảng thẳng đứng. Dưới tác dụng của hai lực $\vec{F_1}$ và $\vec{F_2}$, sợi dây cao su bị căng ra và có một vị trí AO xác định. Hai lực $\vec{F_1}$ và $\vec{F_2}$ có giá cắt nhau tại điểm O. Ta gọi chúng là *hai lực đồng quy*. Ghi lại vị trí AO

của dây cao su và các vectơ $\vec{F_1}$ và $\vec{F_2}$ (theo một tỉ xích thích hợp). Sau đó thay $\vec{F_1}$ và $\vec{F_2}$ bằng một lực duy nhất $\vec{F}$ (Hình 13.4). Điều chỉnh $\vec{F}$ sao cho dây cao su trở lại đúng vị trí AO. Ghi lại vectơ $\vec{F}$ theo cùng tỉ xích như với $\vec{F_1}$ và $\vec{F_2}$.



Hình 13.4 Thí nghiệm về tổng hợp lực

(Các lực kế ở hai hình trên được giữ trên tấm bảng sắt nhờ các nam châm).

Lực $\vec{F}$ gây ra tác dụng đối với sợi dây cao su giống hệt $\vec{F_1}$ và $\vec{F_2}$. Vậy $\vec{F}$ là hợp lực của $\vec{F_1}$ và $\vec{F_2}$.

Nối ngọn của $\vec{F}$ với ngọn của $\vec{F_1}$ và $\vec{F_2}$, ta nhận thấy OF_1FF_2 là một hình bình hành (Hình 13.4).

C1 Từ thí nghiệm trên, ta rút ra kết luận gì ?

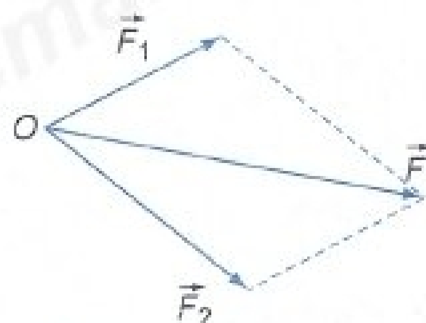
b) Quy tắc tổng hợp lực

Từ thí nghiệm trên, ta có quy tắc tổng hợp hai lực đồng quy có cùng một điểm đặt :

Hợp lực của hai lực đồng quy được biểu diễn bằng đường chéo (kể từ điểm đồng quy) của hình bình hành mà hai cạnh là những vectơ biểu diễn hai lực thành phần.

$$\vec{F} = \vec{F_1} + \vec{F_2}$$

Đó là quy tắc hình bình hành (Hình 13.5).

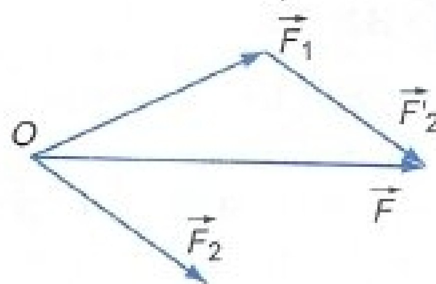


Hình 13.5 Quy tắc hình bình hành

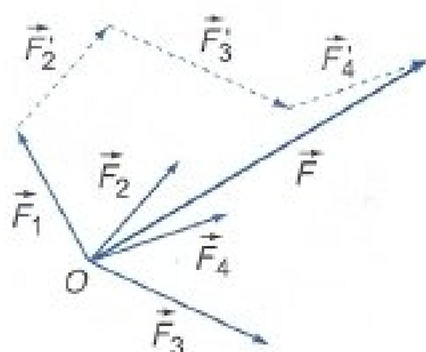
Như vậy, quy tắc hợp lực chính là quy tắc cộng vectơ. Ta càng thấy rõ rằng lực là một đại lượng vectơ.

C2 Nếu phải tổng hợp nhiều lực đồng quy thì vận dụng quy tắc này như thế nào ?

Ta có thể tìm được hợp lực của hai lực đồng quy $\vec{F_1}$ và $\vec{F_2}$ bằng một quy tắc khác gọi là quy tắc đa giác. Nội dung quy tắc này như sau : Từ điểm ngọn của vectơ $\vec{F_1}$ ta vẽ nối tiếp vectơ $\vec{F_2'}$ song song và bằng vectơ $\vec{F_2}$; vectơ hợp lực $\vec{F}$ có gốc là gốc của $\vec{F_1}$ và ngọn là ngọn của $\vec{F_2'}$; ba vectơ đó tạo thành một tam giác (Hình 13.6).

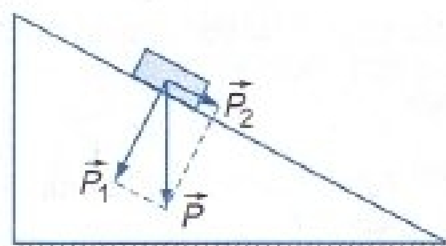


Hình 13.6 Quy tắc đa giác



Hình 13.7 *Tổng hợp nhiều lực bằng quy tắc đa giác*

Khi cần tổng hợp nhiều lực đồng quy, ta cũng làm tương tự (Hình 13.7).



Hình 13.8 *Vật trên mặt phẳng nghiêng*

Trọng lực $\vec{P}$ của vật đặt trên mặt phẳng nghiêng có thể được phân tích thành $\vec{P}_1$ và $\vec{P}_2$. $\vec{P}_1$ có tác dụng nén vật xuống theo phương vuông góc với mặt phẳng nghiêng, $\vec{P}_2$ có xu hướng kéo vật trượt theo mặt phẳng nghiêng xuống phía dưới.

3. Phân tích lực

Phân tích lực là thay thế một lực bằng hai hay nhiều lực tác dụng đồng thời và gây hiệu quả giống hệt như lực ấy.

Phân tích lực là việc làm ngược lại với tổng hợp lực, do đó nó cũng tuân theo quy tắc hình bình hành.

Tuy nhiên, mỗi lực có thể được phân tích thành hai lực thành phần theo nhiều cách khác nhau. Ta thường dựa vào điều kiện cụ thể trong mỗi bài toán để chọn trước phương của lực thành phần (xem ví dụ ở Hình 13.8).

CÂU HỎI

1. Chiếc sà lan ở Hình 13.2 chịu tác dụng của những lực nào ?
2. Trong dân gian trước đây thường dùng câu "vụng chẻ khoẻ nêm" để nói về tác dụng của cái nêm trong việc chẻ củi. Nêm là một vật cứng có tiết diện hình tam giác nhọn, được cắm vào khúc củi như trên Hình 13.9. Tại sao gõ mạnh búa vào nêm thì củi bị bửa ra ?



Hình 13.9

BÀI TẬP

1. Gọi F_1, F_2 là độ lớn của hai lực thành phần, F là độ lớn hợp lực của chúng. Câu nào sau đây là đúng ?

   A. Trong mọi trường hợp F luôn luôn lớn hơn cả F_1 và F_2.

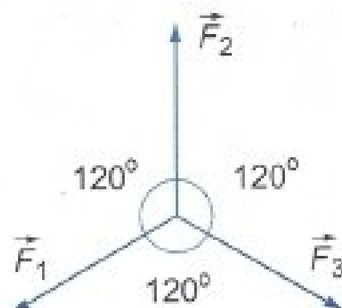
   B. F không bao giờ nhỏ hơn cả F_1 và F_2.

   C. Trong mọi trường hợp, F thoả mãn : $|F_1 - F_2| \leq F \leq F_1 + F_2$.

   D. F không bao giờ bằng F_1 hoặc F_2.

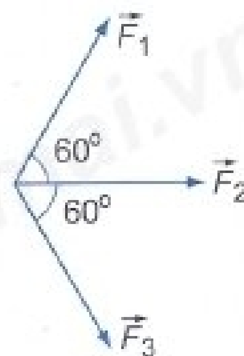
2. Cho hai lực đồng quy có độ lớn $F_1 = F_2 = 20$ N.
Hãy tìm độ lớn hợp lực của hai lực khi chúng hợp với nhau một góc $\alpha = 0^o, 60^o, 90^o, 120^o, 180^o$.
Vẽ hình biểu diễn cho mỗi trường hợp.
Nhận xét về ảnh hưởng của góc α đối với độ lớn của hợp lực.

3. Cho hai lực đồng quy có độ lớn $F_1 = 16$ N và $F_2 = 12$ N.
a) Hợp lực của chúng có thể có độ lớn 30 N hoặc 3,5 N được không ?
b) Cho biết độ lớn của hợp lực là $F = 20$ N. Hãy tìm góc giữa hai lực $\vec{F_1}$ và $\vec{F_2}$.



Hình 13.10

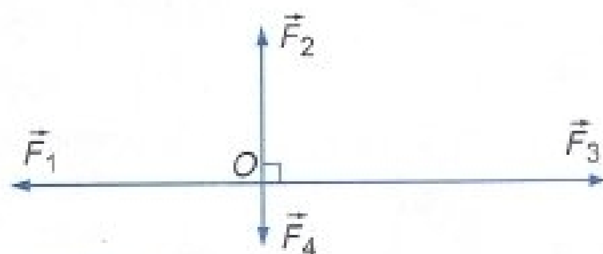
4. Cho ba lực đồng quy cùng nằm trong một mặt phẳng, có độ lớn bằng nhau và từng đôi một làm thành góc 120^o (Hình 13.10). Tìm hợp lực của chúng.



Hình 13.11

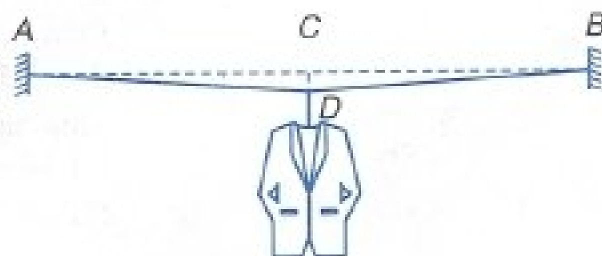
5. Hãy dùng quy tắc hình bình hành và quy tắc đa giác để tìm hợp lực của ba lực $\vec{F_1}$, $\vec{F_2}$ và $\vec{F_3}$ có độ lớn bằng nhau và nằm trong cùng một mặt phẳng. Biết rằng lực $\vec{F_2}$ làm thành với hai lực $\vec{F_1}$ và $\vec{F_3}$ những góc đều là 60^o (Hình 13.11).

6. Tìm hợp lực của bốn lực đồng quy trong Hình 13.12.
Biết $F_1 = 5$ N, $F_2 = 3$ N, $F_3 = 7$ N, $F_4 = 1$ N.



Hình 13.12

7. Một chiếc mắc áo treo vào điểm chính giữa của dây thép AB. Khối lượng tổng cộng của mắc và áo là 3 kg (Hình 13.13).
Biết $AB = 4$ m ; $CD = 10$ cm.
Tính lực kéo mỗi nửa sợi dây.



Hình 13.13

14 ĐỊNH LUẬT I NIU-TƠN

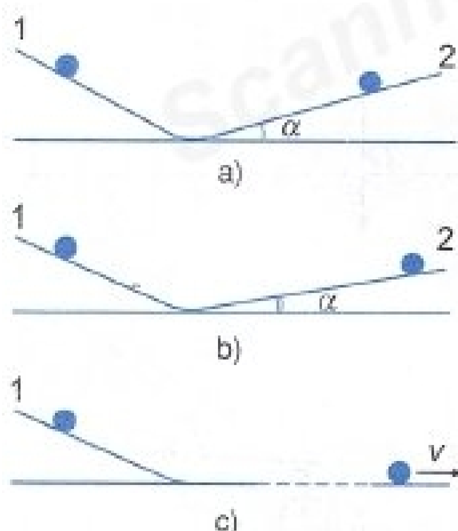
Nền tảng lí luận của Động lực học là ba định luật của Niu-tơn. Trong bài này và hai bài tiếp theo, ta lần lượt nghiên cứu ba định luật đó.

1. Quan niệm của A-ri-xtốt

Trong thực tế đời sống, nếu ta kéo một cái xe thì nó chuyển động, ngừng kéo thì nó lăn bánh tiếp một lát rồi dừng lại. Rất nhiều hiện tượng tương tự dễ làm nảy sinh ý nghĩ cho rằng, muốn cho một vật duy trì được vận tốc không đổi thì phải có vật khác tác dụng lên nó. Quan niệm này được nhà triết học cổ đại A-ri-xtốt (384 – 322 trước Công nguyên) khẳng định và truyền bá, đã thống trị suốt trong nhiều thế kỉ.

2. Thí nghiệm lịch sử của Ga-li-lê

Nhà bác học Ga-li-lê người I-ta-li-a nghi ngờ quan niệm trên và đã làm thí nghiệm để kiểm tra. Ông dùng hai máng nghiêng, rất trơn và nhẵn, bố trí như ở Hình 14.1a rồi thả một hòn bi cho lăn xuống trên máng nghiêng 1. Ông nhận thấy hòn bi lăn ngược lên máng nghiêng 2 đến một độ cao gần bằng độ cao ban đầu. Khi giảm bớt góc nghiêng α của máng 2, ông thấy hòn bi lăn trên máng 2 được một đoạn đường dài hơn (Hình 14.1b). Ông suy đoán rằng nếu máng 2 rất nhẵn và nằm ngang ($\alpha = 0$) thì hòn bi sẽ lăn với vận tốc không đổi mãi mãi (Hình 14.1c).

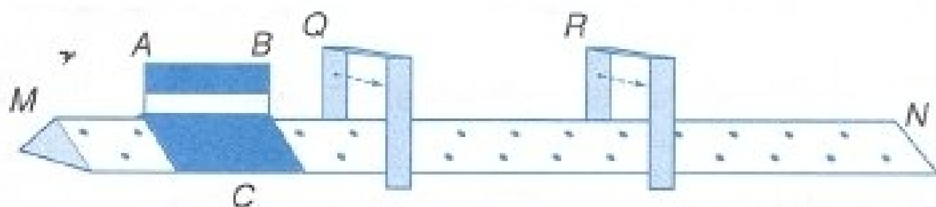


Hình 14.1

C1 Hãy so sánh quan niệm của Ga-li-lê với quan niệm của A-ri-xtốt.

Thí nghiệm này cho thấy, nếu ta có thể loại trừ được các tác dụng cơ học lên một vật thì vật sẽ chuyển động thẳng đều với vận tốc $\vec{v}$ vốn có của nó.

3. Định luật I Niu-tơn



Hình 14.2 Thí nghiệm trên đệm không khí

Niu-tơn đã khái quát các kết quả quan sát và thí nghiệm đối với trạng thái đứng yên và chuyển động của các vật, và phát biểu thành định luật. Ta gọi đó là *định luật I Niu-tơn*. Định luật này có thể phát biểu như sau :

Nếu một vật không chịu tác dụng của lực nào hoặc chịu tác dụng của các lực có hợp lực bằng 0, thì nó giữ nguyên trạng thái đứng yên hoặc chuyển động thẳng đều.

Ta gọi vật không chịu tác dụng của vật nào khác là *vật cô lập*. Trên thực tế không có vật nào hoàn toàn cô lập. Việc đề cập tới vật cô lập trong định luật này là một sự khái quát hoá và trừu tượng hoá của Niu-tơn. Tính đúng đắn của định luật này thể hiện ở chỗ, các hệ quả của nó đều phù hợp với thực tế.

Thí nghiệm minh hoạ

Để tạo ra vật gần như cô lập, ta sử dụng thiết bị đệm không khí như trên Hình 14.2 (chi tiết hơn về thiết bị này, xem Phụ lục 3).

Vật *C*, phía trên có gắn tấm chắn sáng *AB* được đặt trên đệm không khí nằm ngang *MN*. Phía trên *MN* ta đặt hai cổng *Q* và *R* (thực chất là hai bộ "cảm biến quang học"). Mỗi khi *AB* chui qua một cổng, nó chắn chùm sáng ở cổng đó, và một đồng hồ điện tử sẽ tự động ghi lại các khoảng thời gian Δt_1, Δt_2 mà tấm chắn *AB* đi qua mỗi cổng.

Lúc đầu, *AB* đứng yên, nếu không có gì tác động lên nó sẽ đứng yên mãi. Nếu ta hích vào nó, nó sẽ chuyển động qua các cổng *Q*, *R*. Nhìn các số chỉ trên đồng hồ điện tử, ta nhận thấy $\Delta t_1 = \Delta t_2$.

Làm thí nghiệm trên với những lần hích mạnh nhẹ khác nhau và với những vị trí khác nhau của hai cảm biến *Q* và *R*, ta luôn luôn thấy $\Delta t_1 = \Delta t_2$. Như vậy, vật chuyển động được những quãng đường bằng nhau trong những khoảng thời gian bằng nhau (chuyển động thẳng đều).

Thí nghiệm trên cho thấy, nếu các tác dụng cơ học lên vật được bù trừ nhau thì vật sẽ đứng yên hoặc chuyển động thẳng đều.

4. Ý nghĩa của định luật I Niu-tơn

Định luật này nêu lên một tính chất quan trọng của mọi vật. Mỗi vật đều có xu hướng bảo toàn vận tốc của mình. Tính chất đó gọi là *quán tính*. Quán tính có hai biểu hiện :

– Xu hướng giữ nguyên trạng thái đứng yên. Ta nói các vật có "tính ì".

– Xu hướng giữ nguyên trạng thái chuyển động thẳng đều. Ta nói các vật chuyển động có "đà".

Với ý nghĩa này, định luật I Niu-tơn còn được gọi là *định luật quán tính*. Chuyển động thẳng đều được gọi là *chuyển động theo quán tính*.

C2 Hãy tìm ví dụ về những biểu hiện của quán tính.

Với định luật I Niu-tơn, ta thừa nhận rằng trong tự nhiên có tồn tại những hệ quy chiếu mà trong đó vật cô lập có gia tốc bằng 0. Một hệ quy chiếu như vậy gọi là *hệ quy chiếu quán tính*.

Trong nhiều bài toán, ta có thể coi một cách gần đúng hệ quy chiếu gắn với mặt đất là hệ quy chiếu quán tính.

CÂU HỎI

1. Tại sao ở nhiều nước lại bắt buộc người lái xe và những người ngồi trong xe ô tô khoác một đai bảo hiểm vòng qua ngực, hai đầu móc vào ghế ngồi ?
2. Xe ô tô rẽ quặt sang phải, người ngồi trong xe bị xô về phía nào ? Tại sao ?
3. Muốn rũ bụi ở quần áo, tra búa vào cán, ta làm động tác như thế nào ? Tại sao lại làm như vậy ?
4. Bút máy bị tắc mực, ta có thể làm thế nào cho mực ra được mà không phải tháo thân bút ?
5. Tại sao một vận động viên muốn đạt thành tích cao về môn nhảy xa thì lại phải luyện tập chạy nhanh ?
6. Rất nhiều tai nạn giao thông có nguyên nhân vật lí là quán tính. Em hãy tìm một số ví dụ về điều đó và nêu cách phòng tránh tai nạn trong những trường hợp như thế.
7. Hãy tìm thêm ví dụ trong thực tế về "tính ì" và "đà" của các vật.

BÀI TẬP

1. Hãy chọn câu đúng.

   Nếu một vật đang chuyển động mà tất cả các lực tác dụng vào nó bỗng nhiên ngừng tác dụng thì

   A. vật lập tức dừng lại.

   B. vật chuyển động chậm dần rồi dừng lại.

   C. vật chuyển động chậm dần trong một thời gian, sau đó sẽ chuyển động thẳng đều.

   D. vật chuyển ngay sang trạng thái chuyển động thẳng đều.

15 ĐỊNH LUẬT II NIU-TƠN

Một trong những tác dụng của lực là gây ra sự biến đổi vận tốc (tức là gây ra gia tốc cho vật). Trong bài này, ta xét mối quan hệ định lượng giữa gia tốc của một vật và lực gây ra gia tốc đó.

1. Định luật II Niu-tơn

a) Quan sát

Một chiếc xe đang đứng yên trên sàn nhà rất nhẵn. Ta đẩy (hoặc kéo) xe về phía nào thì xe chuyển động nhanh dần về phía đó. Như vậy vectơ lực và vectơ gia tốc có cùng hướng với nhau (Hình 15.1a).

Ta đẩy càng mạnh (lực càng lớn) thì xe tăng tốc càng nhanh (gia tốc lớn hơn) (Hình 15.1b).

Ta vẫn đẩy mạnh như lúc trước, nhưng nếu khối lượng của xe lớn hơn (do trên xe có hàng) thì xe tăng tốc ít hơn (gia tốc nhỏ hơn) (Hình 15.1c).

Vậy, gia tốc của vật không chỉ phụ thuộc vào lực tác dụng lên vật mà còn phụ thuộc vào khối lượng của chính vật đó.



a)



b)



c)

Hình 15.1 *Lực tác dụng và gia tốc của xe*

C1 Dựa vào hình 15.1, hãy nhận xét xem gia tốc của một vật phụ thuộc vào những yếu tố gì.

b) Định luật

Khái quát hoá từ rất nhiều quan sát và thí nghiệm, Niu-tơn đã xác định được mối liên hệ giữa lực, khối lượng và gia tốc, nêu lên thành *định luật II Niu-tơn* :

Vectơ gia tốc của một vật luôn cùng hướng với lực tác dụng lên vật. Độ lớn của vectơ gia tốc tỉ lệ thuận với độ lớn của vectơ lực tác dụng lên vật và tỉ lệ nghịch với khối lượng của vật.

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \qquad (15.1)$$

hoặc là

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

Cách phát biểu và viết hệ thức của định luật II Niu-tơn trong bài này áp dụng được trong các trường hợp :

– Vật có thể coi là chất điểm.

– Vật chuyển động tịnh tiến.

Sau này ta sẽ còn xét một số trường hợp khác.

Nguyên lí độc lập của tác dụng

Xét trường hợp vật (coi như chất điểm) chịu tác dụng đồng thời của nhiều lực $\vec{F}_1, \vec{F}_2, ..., \vec{F}_n$.

Nếu chỉ riêng từng lực tác dụng, thì chúng gây nên gia tốc tương ứng của vật như sau :

$$\vec{a}_1 = \frac{\vec{F}_1}{m}, ..., \vec{a}_n = \frac{\vec{F}_n}{m}$$

Từ thực tế khảo sát nhiều hiện tượng, người ta thừa nhận rằng ***gia tốc mà mỗi lực gây cho vật không phụ thuộc vào việc có hay không có tác dụng của các lực khác.***

Vectơ gia tốc $\vec{a}$ của vật bằng tổng của các vectơ gia tốc :

$$\vec{a} = \vec{a}_1 + \vec{a}_2 + ... + \vec{a}_n =$$

$$= \frac{\vec{F}_1}{m} + \frac{\vec{F}_2}{m} + ... + \frac{\vec{F}_n}{m}$$

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + ... + \vec{F}_n}{m} \qquad (15.2)$$

Nếu gọi $\vec{F}$ là hợp lực của $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2, ..., \vec{F}_n$, ta có :

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

Khi xét các vật chuyển động trong một mặt phẳng, ta có thể chiếu (15.2) xuống các trục toạ độ và viết dưới dạng đại số.

$$\begin{cases} ma_x = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} + ... \\ ma_y = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} + ... \end{cases} \qquad (15.3)$$

2. Các yếu tố của vectơ lực

Đến đây ta có được những hiểu biết rõ ràng hơn về vectơ lực :

– Điểm đặt là vị trí mà lực đặt lên vật.

– Phương và chiều là phương và chiều của gia tốc mà lực gây ra cho vật.

– Độ lớn : Lực tác dụng lên vật khối lượng m gây ra cho nó gia tốc a thì có độ lớn bằng tích ma.

Trong hệ SI, nếu m = 1 kg, a = 1 m/s^2 thì F = 1 kg.m/s^2

1kg.m/s^2 gọi là 1 *niutơn*, kí hiệu là N.

1 N là lực truyền cho vật có khối lượng 1 kg một gia tốc 1 m/s^2.

3. Khối lượng và quán tính

Theo định luật II Niu-tơn, nếu có nhiều vật khác nhau lần lượt chịu tác dụng của cùng một lực không đổi, thì vật nào có khối lượng lớn hơn sẽ có gia tốc nhỏ hơn. Vậy, vật nào có khối lượng càng lớn thì càng khó thay đổi vận tốc, tức là càng có mức quán tính lớn hơn. Từ đó ta có thể nói : ***Khối lượng của vật là đại lượng đặc trưng cho mức quán tính của vật.***

Điều đó cho phép ta so sánh được khối lượng của những vật làm bằng các chất khác nhau. Một xe chở cát và một xe chở gạo được coi là có khối lượng bằng nhau nếu dưới tác dụng của hợp lực như nhau, chúng có gia tốc như nhau.

4. Điều kiện cân bằng của một chất điểm

Khi hợp lực của các lực tác dụng lên vật bằng $\vec{0}$:

$$\vec{F} = \vec{F_1} + \vec{F_2} + ... + \vec{F_n} = \vec{0}$$

thì vectơ gia tốc của vật cũng bằng $\vec{0}$:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} = \vec{0}$$

Khi đó, vật đứng yên hoặc chuyển động thẳng đều. Trạng thái đó của vật gọi là *trạng thái cân bằng*.

Vậy, điều kiện cân bằng của một chất điểm là : hợp lực của tất cả các lực tác dụng lên nó bằng $\vec{0}$ (hệ các lực như vậy gọi là hệ lực cân bằng).



Nhiều lực tác dụng lên quả bóng bay nhưng nó vẫn đứng yên.

Một vật chịu tác dụng của hệ lực cân bằng sẽ ở trong trạng thái giống như vật cô lập. Chính vì vậy, mà khi làm những thí nghiệm minh hoạ cho định luật I Niu-tơn, do không thể tạo ra được vật hoàn toàn cô lập, người ta phải dùng những thiết bị làm cho vật chịu tác dụng của những lực cân bằng nhau. Chẳng hạn, khi dùng thiết bị "đệm không khí", trọng lực tác dụng vào vật được cân bằng bởi lực nâng của những luồng không khí thổi từ phía dưới lên vật (xem bài 14).

5. Mối quan hệ giữa trọng lượng và khối lượng của một vật

Xét một vật có khối lượng m rơi tự do. Vật chịu tác dụng của trọng lực $\vec{P}$ thẳng đứng, hướng xuống dưới và có gia tốc rơi tự do $\vec{g}$ cũng thẳng đứng, hướng xuống dưới. Áp dụng định luật II Niu-tơn, ta có

$$\vec{P} = m\vec{g}$$

Gọi độ lớn P của trọng lực là trọng lượng của vật, có thể viết $P = mg$.

Như vậy, tại mỗi điểm trên mặt đất, trọng lượng (độ lớn của trọng lực) của vật tỉ lệ thuận với khối lượng của nó.

Với giá trị gần đúng $g \approx 9{,}8$ m/s^2, ta thấy rằng, một vật có khối lượng $m = 1$ kg thì có trọng lượng $P \approx 9{,}8$ N (ở các lớp dưới, ta thường lấy gần đúng là 10 N).

Khối lượng m của một vật không phụ thuộc vào vị trí của nó, nhưng gia tốc rơi tự do g thì phụ thuộc vào vĩ độ và độ cao (xem chương I). Như vậy, hệ thức $P = mg$ cho ta thấy trọng lượng của một vật cũng thay đổi theo vĩ độ và độ cao (ở những bài sau, ta sẽ giải thích hiện tượng đó).

? CÂU HỎI

1. Phát biểu định luật II Niu-tơn.
2. Hệ lực cân bằng là gì ?
   Vẽ hình minh hoạ trường hợp hai lực cân bằng nhau. Giá, chiều và độ lớn của chúng phải thoả mãn điều kiện gì ?
   Vẽ hình minh hoạ trường hợp ba lực cân bằng nhau. Giá của chúng phải thoả mãn điều kiện gì ?

3. Quan sát bức ảnh chụp quả bóng bay trong bài, hãy kể ra các lực tác dụng lên quả bóng.
4. Hãy tìm các ví dụ thực tế cho thấy vật nào có khối lượng càng lớn thì có quán tính càng lớn.
5. Tại sao máy bay càng nặng thì đường băng phải càng dài ?

BÀI TẬP

1. Câu nào sau đây là đúng ?
   A. Không có lực tác dụng thì các vật không thể chuyển động được.
   B. Một vật bất kì chịu tác dụng của một lực có độ lớn tăng dần thì chuyển động nhanh dần.
   C. Một vật có thể chịu tác dụng đồng thời của nhiều lực mà vẫn chuyển động thẳng đều.
   D. Không vật nào có thể chuyển động ngược chiều với lực tác dụng lên nó.
2. Một vật có khối lượng 2,5 kg, chuyển động với gia tốc 0,05 m/s^2. Tính lực tác dụng vào vật.
3. Một vật có khối lượng 50 kg, bắt đầu chuyển động nhanh dần đều và sau khi đi được 50 cm thì có vận tốc 0,7 m/s. Tính lực tác dụng vào vật.
4. Một máy bay phản lực có khối lượng 50 tấn, khi hạ cánh chuyển động chậm dần đều với gia tốc 0,5 m/s^2. Hãy tính lực hãm. Biểu diễn trên cùng một hình các vectơ vận tốc, gia tốc và lực.
5. Có hai vật, mỗi vật bắt đầu chuyển động dưới tác dụng của một lực. Hãy chứng minh rằng những quãng đường mà hai vật đi được trong cùng một thời gian sẽ :
   – Tỉ lệ thuận với các lực tác dụng nếu khối lượng của hai vật bằng nhau.
   – Tỉ lệ nghịch với các khối lượng nếu hai lực có độ lớn bằng nhau.
6. Một ô tô không chở hàng có khối lượng 2 tấn, khởi hành với gia tốc 0,3 m/s^2. Ô tô đó khi chở hàng khởi hành với gia tốc 0,2 m/s^2. Biết rằng hợp lực tác dụng vào ô tô trong hai trường hợp đều bằng nhau. Tính khối lượng của hàng hoá trên xe.

Em có biết ?

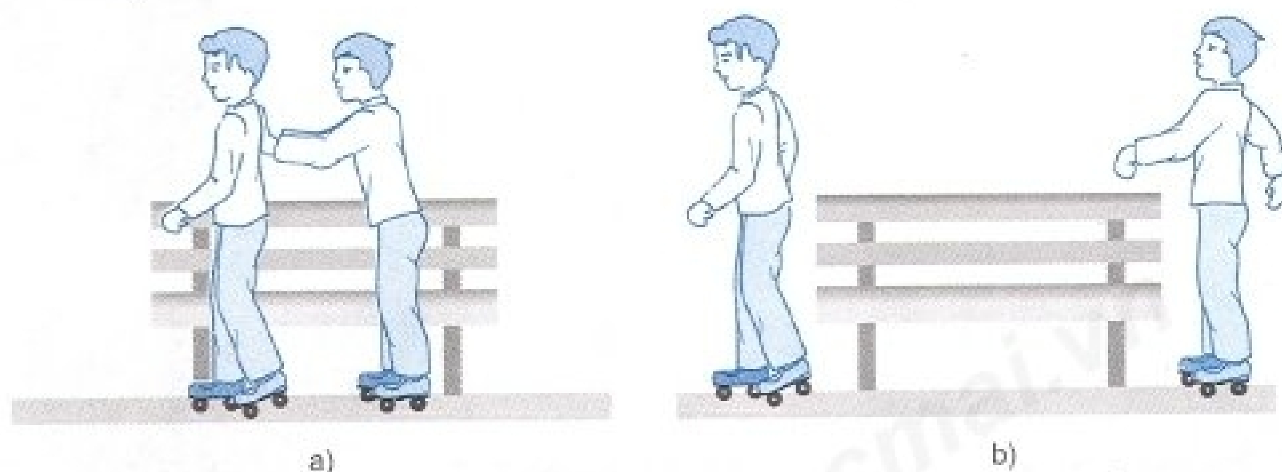
Trước đây, việc sử dụng đơn vị của các đại lượng vật lí rất phức tạp. Trên thế giới có nhiều hệ thống đơn vị đo lường, do đó mỗi đại lượng vật lí có nhiều đơn vị khác nhau. Tình trạng đó gây rất nhiều khó khăn phức tạp trong khoa học, kĩ thuật, thương mại... Học sinh phổ thông lại càng khó nhớ và khó sử dụng các đơn vị đó. Các nhà khoa học trên thế giới đã phải nhiều lần họp bàn và đến giữa thế kỉ XX dần dần đi tới thống nhất chọn một hệ thống quốc tế các đơn vị đo lường (viết tắt theo tiếng Pháp là SI). Trong lĩnh vực cơ học, hệ này chọn ba đơn vị đầu tiên (gọi là đơn vị cơ bản) là mét, giây, kilôgam. Các đơn vị cơ học khác được xây dựng dựa trên ba đơn vị cơ bản đó (xem ví dụ về đơn vị niutơn ở trong bài). Những tên gọi bội và ước thập phân của các đơn vị cũng được quy định thống nhất (xem Phụ lục 2 ở cuối sách).

Cùng với các nước trên thế giới, nước ta công nhận và lấy SI làm hệ đơn vị đo lường hợp pháp của mình. Tuy nhiên, vì nhiều lí do, ở mọi nước luôn luôn tồn tại trong thực tế những đơn vị đo lường không thuộc SI. Mỗi nước (trong đó có nước ta) đều căn cứ vào những điều kiện cụ thể mà cho phép sử dụng (lâu dài hoặc có thời hạn) một số đơn vị như vậy cùng với các đơn vị thuộc SI.

16 ĐỊNH LUẬT III NIU-TƠN

1. Nhận xét

Ví dụ 1

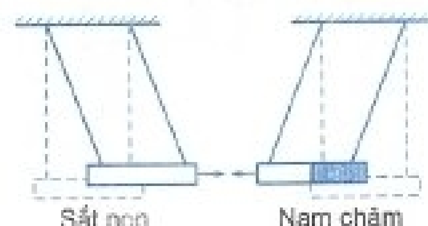


Hình 16.1

An đẩy vào lưng Bình (Hình 16.1a). Do lực đẩy của An, Bình tiến về phía trước. Thế nhưng An lại bị lùi về phía sau (Hình 16.1b). Điều đó chứng tỏ lưng Bình đã tác dụng trở lại tay An một lực.

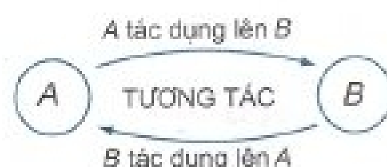
Ví dụ 2

Ta vẫn biết nam châm hút sắt. Trong thí nghiệm ở Hình 16.2, lực nào đã làm cho nam châm dịch chuyển lại gần thanh sắt ? Đó chính là lực hút của sắt tác dụng vào nam châm.



Hình 16.2 Nam châm và sắt hút nhau

Vậy, nếu vật *A* tác dụng lên vật *B* thì vật *B* cũng tác dụng lên vật *A*. Đó là *sự tác dụng tương hỗ* (hay *tương tác*) giữa các vật.



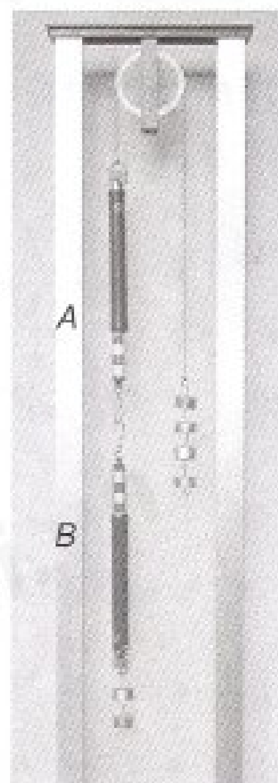
2. Định luật III Niu-tơn

a) Thí nghiệm

Quan sát các thí nghiệm trên Hình 16.3.



a) Tương tác giữa hai lò xo đứng yên



b) Tương tác giữa hai lò xo chuyển động

Hình 16.3

Kí hiệu : $\vec{F}_{AB}$: lực do vật *A* tác dụng lên vật *B*.

$\vec{F}_{BA}$: lực do vật *B* tác dụng lên vật *A*.

Nhận xét : $\vec{F}_{AB}$ và $\vec{F}_{BA}$ luôn nằm trên cùng một đường thẳng (cùng giá), ngược chiều nhau, và có cùng độ lớn. Ta gọi hai lực như thế là hai lực trực đối.

b) Định luật

Khái quát hoá các kết quả quan sát và thực nghiệm, ta có *định luật III Niu-tơn* (định luật về tương tác).

Khi vật A tác dụng lên vật B một lực, thì vật B cũng tác dụng trở lại vật A một lực. Hai lực này là hai lực trực đối.

$$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$$

Cách xác định khối lượng dựa vào tương tác

Sự tương tác giữa các vật cho ta một cách xác định khối lượng (ngoài phép đo khối lượng bằng cân). Muốn đo khối lượng *m* của một vật, ta chọn một vật khác có khối lượng m_0 đã biết để so sánh. Cho hai vật đó tương tác với nhau. Vật có khối lượng *m* thu được gia tốc *a*, vật có khối lượng m_0 thu được gia tốc a_0. Theo định luật III Niu-tơn, lực tương tác giữa chúng có độ lớn bằng nhau:

$$ma = m_0a_0$$

Từ đó ta xác định được :

$$m = \frac{m_0a_0}{a}$$

Đây là một trong những cơ sở để đo khối lượng của các hạt vi mô (electron, prôtôn...) hoặc của các thiên thể trong vũ trụ.

3. Lực và phản lực

Trong hai lực $\vec{F}_{AB}$ và $\vec{F}_{BA}$, ta gọi một lực là *lực tác dụng*, lực kia là *phản lực*.

Cần chú ý rằng hai lực này là hai lực trực đối, nhưng không cân bằng nhau, vì chúng tác dụng lên hai vật khác nhau.

Lực tác dụng thuộc loại gì (hấp dẫn, đàn hồi, ma sát...), thì phản lực cũng thuộc loại đó.

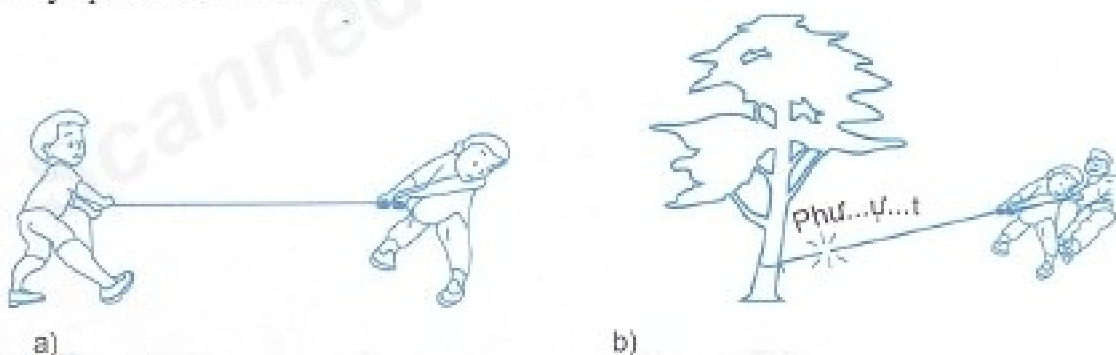
4. Bài tập vận dụng

1. Một quả bóng bay đến đập vào bức tường. Bóng bị bật trở lại, còn tường thì vẫn đứng yên. Như vậy có trái với định luật III Niu-tơn không ? Giải thích.

Bài giải

Khi bóng đập vào tường, bóng tác dụng vào tường một lực $\vec{F}$, tường tác dụng trở lại bóng phản lực $\vec{F}'$ (cùng độ lớn với lực $\vec{F}$). Vì khối lượng của bóng khá nhỏ nên phản lực $\vec{F}'$ gây cho nó gia tốc lớn, làm bóng bật ngược trở lại. Còn khối lượng tường rất lớn nên gia tốc của tường nhỏ đến mức mà ta không thể quan sát được chuyển động của tường. Như vậy hiện tượng này phù hợp với các định luật II và III Niu-tơn.

2. Hãy quan sát Hình 16.4.



Hình 16.4

Khi Dương và Thành kéo hai đầu dây như ở Hình 16.4a thì dây không đứt, nhưng khi cùng kéo một đầu dây đó như ở Hình 16.4b thì dây lại đứt. Tại sao ?

Bài giải

Khi hai người cầm hai đầu dây mà kéo thì hai đầu dây chịu tác dụng của hai lực cân bằng nhau $\vec{F}$ và $-\vec{F}$, và lực căng của dây bằng F. Khi hai người cầm chung một đầu dây mà kéo, đầu kia buộc vào thân cây, thì hai người đã tác dụng vào đầu dây

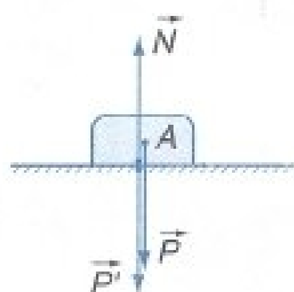
một lực gấp đôi, là $2F$. Dây sẽ truyền lực $2F$ đó tới cây.

Theo định luật III Niu-tơn, cây cũng tác dụng trở lại dây một phản lực có độ lớn bằng $2F$. Vậy hai đầu dây bị kéo về hai phía với lực lớn gấp đôi trường hợp trước. Vì thế mà dây bị đứt.

3. Một vật A đặt trên mặt bàn nằm ngang. Có những lực nào tác dụng vào vật, vào bàn ? Có những cặp lực trực đối nào cân bằng nhau ? Có những cặp lực trực đối nào không cân bằng nhau ?

Bài giải

Trái Đất tác dụng lên vật trọng lực $\vec{P}$. Vật ép lên bàn áp lực $\vec{P}'$. Do đó bàn tác dụng lên vật một phản lực $\vec{N}$ vuông góc với mặt bàn (gọi là *phản lực pháp tuyến*) (Hình 16.5).



Hình 16.5

Theo định luật III Niu-tơn : $\vec{N} = -\vec{P}'$.

Vật đứng yên là do $\vec{N}$ và $\vec{P}$ cân bằng nhau : $\vec{N} = -\vec{P}$.

Từ đó suy ra $\vec{P}' = \vec{P}$. Ở trạng thái cân bằng, vật ép lên mặt đất một lực có độ lớn bằng trọng lượng của vật.

$\vec{P}$ và $\vec{N}$ là hai lực trực đối cân bằng (tác dụng lên cùng một vật A).

$\vec{P}'$ và $\vec{N}$ là hai lực trực đối không cân bằng (tác dụng lên hai vật khác nhau : $\vec{P}'$ tác dụng lên bàn, $\vec{N}$ tác dụng lên vật A).

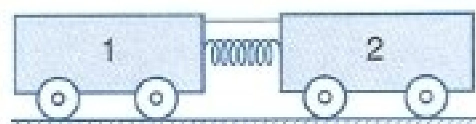
CÂU HỎI

1. Khi đi bộ xa hoặc leo núi, ta chống gậy thì đỡ mỏi chân. Tại sao ?
2. Tìm hiểu tác dụng của cái bàn đạp mà các vận động viên chạy cự li ngắn thường dùng khi xuất phát.
3. Khi chèo thuyền, muốn cho thuyền tiến hoặc lùi, phải làm thế nào ?
4. An và Bình đi giày patanh, mỗi người cầm một đầu sợi dây. Hỏi hai bạn sẽ chuyển động như thế nào nếu :
   – Hai người cùng kéo dây về phía mình ?
   – An giữ nguyên một đầu dây, chỉ có Bình kéo ?
5. Tìm thêm ví dụ thực tế về sự tương tác giữa các vật.

BÀI TẬP

1. (Bài toán xác định khối lượng dựa vào tương tác)

   Xe lăn 1 có khối lượng m_1 = 400 g, có gắn một lò xo. Xe lăn 2 có khối lượng m_2. Ta cho hai xe áp gần nhau bằng cách buộc dây để nén lò xo (Hình 16.6). Khi ta đốt dây buộc, lò xo dãn ra, và sau một thời gian Δt rất ngắn, hai xe đi về hai phía ngược nhau với tốc độ v_1 = 1,5 m/s ; v_2 = 1 m/s. Tính m_2 (bỏ qua ảnh hưởng của ma sát trong thời gian Δt).



Hình 16.6

Em có biết ?

Niu-tơn sinh năm 1642. Ông là giáo sư Trường Đại học Cam-brít-giơ (nước Anh) từ năm 1669.

Năm 1687, Niu-tơn cho ra đời tác phẩm "Những nguyên lí toán học của triết học tự nhiên", trong đó cơ học được trình bày một cách trọn vẹn, hoàn chỉnh. Với tác phẩm này, ông được coi như người đặt nền móng cho cơ học nói riêng và vật lí nói chung. Ông cũng còn có nhiều phát kiến quan trọng trong lĩnh vực quang học. Không những là nhà vật lí vĩ đại, ông còn là một nhà toán học kiệt xuất với việc phát minh ra phép tính vi phân và tích phân, nền tảng của giải tích toán học. Chính ông là người đầu tiên vận dụng các phép tính đó để giải các bài toán cơ học.

Nói về những phát minh khoa học của mình, ông khiêm tốn ví mình như một đứa trẻ dạo chơi trên bờ biển, may mắn nhặt được vài con ốc đẹp, còn trước mặt là biển cả khoa học mênh mông...

17 LỰC HẤP DẪN

Trong bài này và vài bài tiếp theo, ta sẽ nghiên cứu về đặc điểm của các lực thường gặp trong cơ học, đó là lực hấp dẫn, lực đàn hồi và lực ma sát.



Táo rụng, nhưng Mặt Trăng không rơi !

1. Định luật vạn vật hấp dẫn

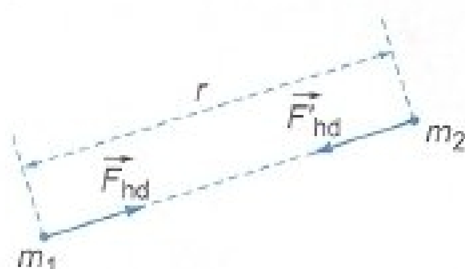
Cuối thế kỉ XVII, trên cơ sở nghiên cứu sự rơi của các vật cũng như chuyển động của Mặt Trăng quanh Trái Đất và của các hành tinh quanh Mặt Trời, Niu-tơn đi tới nhận định : Mọi vật trong tự nhiên đều hút nhau với một lực gọi là lực hấp dẫn. Với những vật có thể coi là chất điểm, lực này tuân theo định luật sau đây, gọi là *định luật vạn vật hấp dẫn :*

Lực hấp dẫn giữa hai vật (coi như chất điểm) tỉ lệ thuận với tích của hai khối lượng của chúng và tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa chúng.

$$F_{hd} = G\frac{m_1 m_2}{r^2} \qquad (17.1)$$

trong đó m_1, m_2 là khối lượng của hai vật, r là khoảng cách giữa chúng.

Công thức (17.1) cũng có thể áp dụng cho hai quả cầu đồng tính, khi đó r là khoảng cách giữa tâm của hai quả cầu.



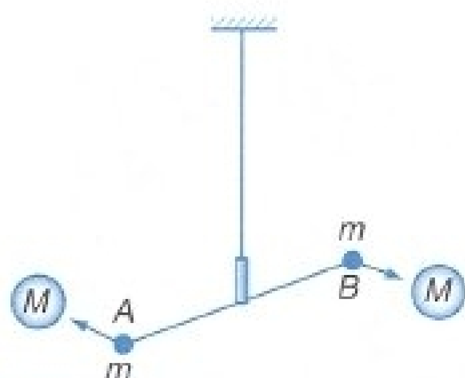
Hình 17.1

$\vec{F}_{hd}$ là lực do vật 2 hút vật 1 ; $\vec{F'}_{hd}$ là lực do vật 1 hút vật 2. Hai lực này là hai lực trực đối, có giá là đường thẳng nối hai chất điểm.

Hệ số tỉ lệ G là một hằng số chung cho mọi vật, gọi là *hằng số hấp dẫn*. Vào năm 1798, nhà bác học người Anh Ca-ven-đi-sơ đã dùng một cân xoắn rất nhạy (Hình 17.2) để đo lực hấp dẫn giữa hai quả cầu, từ đó xác định được G. Giá trị của G ta thường dùng là :

$$G = 6{,}67.10^{-11} \text{N.m}^2/\text{kg}^2$$

Do G rất nhỏ nên F_{hd} chỉ đáng kể khi ít nhất một trong hai vật có khối lượng đáng kể (vào cỡ một thiên thể). Với các vật thông thường, phải dùng những dụng cụ thí nghiệm rất nhạy mới phát hiện được lực hấp dẫn giữa chúng (như trong thí nghiệm của Ca-ven-đi-sơ chẳng hạn).



Hình 17.2 Sơ đồ cân xoắn mà Ca-ven-đi-sơ đã dùng để đo lực hấp dẫn

Mỗi vật *M* hút vật *m* ở gần nó làm cho thanh *AB* quay, dây treo bị xoắn. Dựa vào góc quay của *AB*, ông xác định được lực hấp dẫn.

C1 Vì sao ta không nhận thấy lực hấp dẫn giữa các vật thể thông thường ?

2. Biểu thức của gia tốc rơi tự do

Lực hấp dẫn do Trái Đất tác dụng lên một vật gọi là trọng lực của vật đó(*).

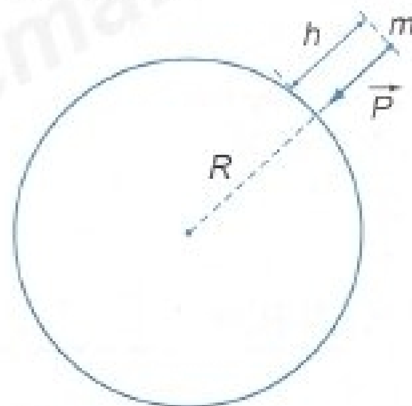
Nếu coi Trái Đất như một quả cầu đồng tính thì lực hấp dẫn do nó tác dụng lên một vật khối lượng m ở độ cao h so với mặt đất là :

$$F_{hd} = G\frac{mM}{(R+h)^2} \qquad (17.2)$$

trong đó M, R là khối lượng và bán kính của Trái Đất.

Vì lực này cũng là trọng lực của vật, nên nếu đối chiếu (17.2) với công thức $P = mg$, ta tính được gia tốc g của sự rơi tự do ở độ cao h :

$$g = \frac{GM}{(R+h)^2} \qquad (17.3)$$



Hình 17.3 Lực hấp dẫn của Trái Đất

Nhận xét : Càng lên cao (h càng lớn), thì g càng nhỏ. Ở gần mặt đất ($h \ll R$), ta bỏ qua h và có :

$$g = \frac{GM}{R^2} \qquad (17.4)$$

C2 Hãy giải thích kết luận ở bài 6 về giá trị của gia tốc rơi tự do.

3. Trường hấp dẫn, trường trọng lực

Mỗi vật luôn tác dụng lực hấp dẫn lên các vật xung quanh. Ta nói xung quanh mỗi vật đều có một *trường hấp dẫn*.

C3 Vì sao ta thường chỉ chú ý đến trường hấp dẫn xung quanh những vật thể có khối lượng rất lớn (Mặt Trời, Trái Đất...) ?

(*) Thật ra, ngoài lực hấp dẫn của Trái Đất, còn có lực thành phần khác tạo thành trọng lực của vật. Trong bài này ta tạm bỏ qua thành phần đó. Ở cuối chương sẽ xét đầy đủ hơn.

Hình 17.4

Vectơ $\vec{g}$ tại mỗi điểm đều hướng về tâm Trái Đất. Với hai điểm trên mặt đất cách nhau 2 km, góc giữa các vectơ $\vec{g}$ chỉ vào khoảng 1'. Mặt khác, từ (17.3) có thể tính được, cứ lên cao hơn 30 km thì g mới giảm đi 1% giá trị của nó. Vì vậy, trong một vùng không gian hẹp (các điểm trong vùng cách nhau không quá một vài kilômét) có thể coi như $\vec{g}$ tại mỗi điểm có cùng hướng và độ lớn như nhau. Trọng trường như vậy gọi là trọng trường đều.

Trường hấp dẫn do Trái Đất gây ra xung quanh nó gọi là *trường trọng lực* (hay *trọng trường*).

Từ (17.3) có thể thấy một đặc điểm của trọng trường : Nếu nhiều vật khác nhau lần lượt đặt tại cùng một điểm thì trọng trường gây cho chúng cùng một gia tốc rơi tự do g như nhau.

Vậy g là một đại lượng đặc trưng cho trọng trường tại mỗi điểm. Nó còn được gọi là *gia tốc trọng trường*.

CÂU HỎI

1. Tại sao hằng ngày ta không cảm nhận được lực hấp dẫn giữa ta với các vật xung quanh như bàn, ghế, tủ... ?
2. Lực hấp dẫn giữa các vật có phụ thuộc vào bản chất của môi trường xung quanh các vật không ?
3. Phương, chiều của trọng lực là phương, chiều nào ?
4. Trọng trường tồn tại ở đâu ? Trọng trường có đặc điểm gì ?

BÀI TẬP

1. Hãy chọn câu đúng.

   Khi khối lượng của hai vật và khoảng cách giữa chúng đều tăng lên gấp đôi thì lực hấp dẫn giữa chúng có độ lớn

   A. tăng gấp đôi. B. giảm đi một nửa.

   C. tăng gấp bốn. D. giữ nguyên như cũ.

2. Hãy chọn câu đúng.

Lực hấp dẫn do một hòn đá ở trên mặt đất tác dụng vào Trái Đất thì có độ lớn

A. lớn hơn trọng lượng của hòn đá.

B. nhỏ hơn trọng lượng của hòn đá.

C. bằng trọng lượng của hòn đá.

D. bằng 0.

3. Câu nào sau đây là đúng khi nói về lực hấp dẫn do Trái Đất tác dụng lên Mặt Trăng và do Mặt Trăng tác dụng lên Trái Đất ?

A. Hai lực này cùng phương, cùng chiều.

B. Hai lực này cùng phương, ngược chiều nhau.

C. Hai lực này cùng chiều, cùng độ lớn.

D. Phương của hai lực này luôn thay đổi và không trùng nhau.

4. Hãy tra cứu *Bảng Những số liệu chính về 9 hành tinh của hệ Mặt Trời* (bài 40) để tính gia tốc rơi tự do trên bề mặt của Hoả tinh, Kim tinh và Mộc tinh. Biết gia tốc rơi tự do ở bề mặt Trái Đất là 9,81 m/s^2.

5. Cho biết khối lượng Trái Đất là $M = 6.10^{24}$ kg ; khối lượng của một hòn đá là m = 2,3 kg ; gia tốc rơi tự do là g = 9,81 m/s^2.

Hỏi hòn đá hút Trái Đất với một lực bằng bao nhiêu ?

6. Tính lực hấp dẫn giữa hai tàu thuỷ ; mỗi tàu có khối lượng 100 000 tấn khi chúng ở cách nhau 0,5 km. Lực đó có làm cho chúng tiến lại gần nhau không ?

7. Ở độ cao nào so với mặt đất thì gia tốc rơi tự do bằng một nửa gia tốc rơi tự do ở mặt đất ? Cho bán kính Trái Đất là R = 6 400 km.

Em có biết ?

Lực hấp dẫn chính là loại lực chi phối chuyển động của các thiên thể trong hệ Mặt Trời cũng như trong toàn vũ trụ.

Trên Trái Đất, lực hấp dẫn tạo ra một hiện tượng thiên nhiên hùng vĩ, đó là thuỷ triều. Nguyên nhân chính gây ra hiện tượng này là : Lực hấp dẫn do Mặt Trăng tác dụng lên phần nước của các đại dương và phần đất của các lục địa đã tạo ra một sự dịch chuyển tương đối của phần nước so với phần đất.

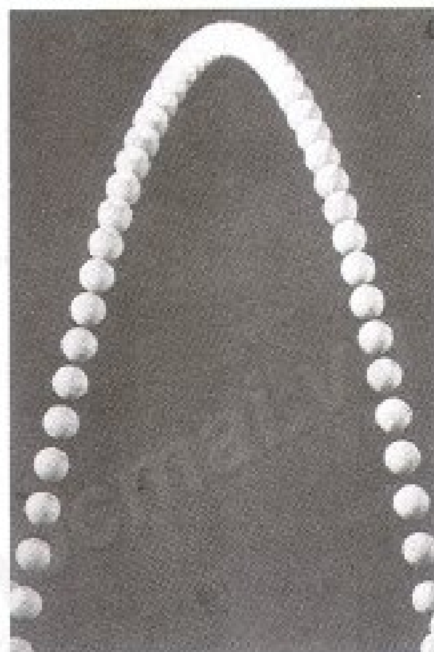
Trong lịch sử, nhờ nắm vững và vận dụng quy luật của thuỷ triều, cha ông ta đã có những trận thắng ngoại xâm oanh liệt trên sông Bạch Đằng vào thế kỷ X và thế kỉ XIII, góp phần giữ gìn đất nước đến ngày nay.

18 CHUYỂN ĐỘNG CỦA VẬT BỊ NÉM

Trong bài này, ta khảo sát chuyển động của một vật được ném lên từ mặt đất với vận tốc ban đầu $\vec{v}_0$ hợp với phương nằm ngang một góc α (gọi là góc ném). Trọng trường ở gần mặt đất coi là trọng trường đều.

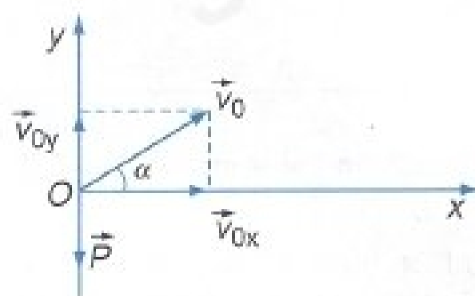


Các vệt pháo hoa trên bầu trời cho ta hình ảnh quỹ đạo của vật bị ném lên.



Hình ảnh các vị trí liên tiếp của một quả bóng tennit bị ném lên. Quỹ đạo của quả bóng có dạng gì ? Những yếu tố nào quyết định tầm bay xa và tầm bay cao của quả bóng ?

1. Quỹ đạo của vật bị ném xiên



Hình 18.1 Hệ toạ độ cho vật bị ném xiên

Chọn mặt phẳng toạ độ xOy là mặt phẳng thẳng đứng chứa $\vec{v}_0$. Gốc O trùng với điểm xuất phát của vật. Trục Oy hướng lên trên (Hình 18.1). Gốc thời gian là thời điểm ném vật. Ta có :

$$x_0 = 0 \quad ; \quad y_0 = 0 \quad (18.1)$$

$$v_{0x} = v_0\cos\alpha \; ; \quad v_{0y} = v_0\sin\alpha \quad (18.2)$$

Trong khi chuyển động, vật luôn chịu tác dụng của trọng lực $\vec{P} = m\vec{g}$ (bỏ qua lực cản của không khí).

Vận dụng công thức (15.3), ta tìm được hình chiếu của vectơ gia tốc trên hai trục :

C1 Từ (18.2) và (18.3) hãy cho biết hình chiếu của vật trên các trục Ox, Oy chuyển động như thế nào.

$$a_x = 0\ ; \qquad a_y = -g \qquad (18.3)$$

Vận dụng (4.5), ta có :

$$v_x = v_0\cos\alpha \qquad (18.4)$$

$$v_y = v_0\sin\alpha - gt \qquad (18.5)$$

Vận dụng (5.3) ta có sự phụ thuộc của x và y vào thời gian.

$$x = (v_0\cos\alpha)t \qquad (18.6)$$

$$y = (v_0\sin\alpha)t - \frac{gt^2}{2} \qquad (18.7)$$

(18.6), (18.7) là *phương trình chuyển động của vật.*

Rút t từ (18.6) thay vào (18.7), ta được :

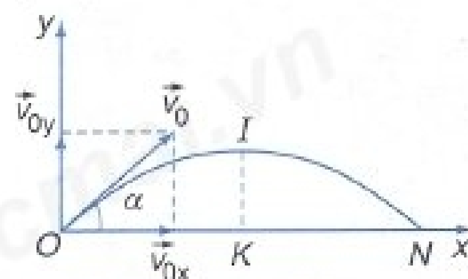
$$y = \frac{-gx^2}{2v_0^2\cos^2\alpha} + (\tan\alpha)x \qquad (18.8)$$

(18.8) là *phương trình của quỹ đạo của vật.* Quỹ đạo này là một parabol (Hình 18.2).

C2 Cho biết ý nghĩa của dấu trừ trong biểu thức của a_y. Phải chăng nó diễn tả chuyển động chậm dần ?

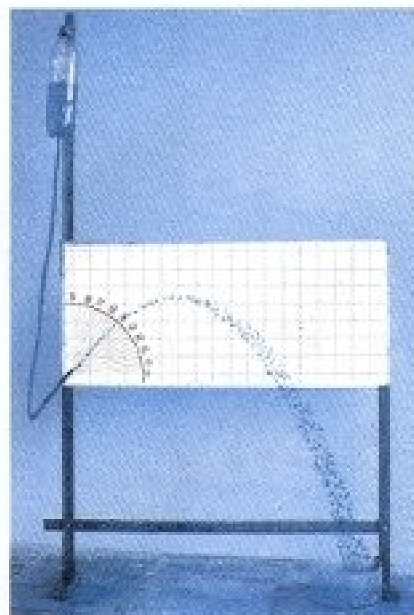
Các phương trình (18.6) và (18.7) cho thấy : Hình chiếu của vật trên Ox chuyển động đều, còn hình chiếu của vật trên Oy chuyển động biến đổi đều.

C3 Làm thế nào để có hệ thức giữa y và x ?



Hình 18.2 $H = KI$ là tầm bay cao
$L = ON = 2.OK$ là tầm bay xa.

Thí nghiệm kiểm chứng



Vòi phun có thể thay đổi góc nghiêng α so với phương nằm ngang. Vận tốc v_0 của nước được điều chỉnh bằng cách thay đổi độ cao của bình chứa.

2. Tầm bay cao

Ta gọi ***độ cao cực đại mà vật đạt tới là tầm bay cao.***

Khi vật lên tới đỉnh I của quỹ đạo, $\vec{v}$ hướng theo phương nằm ngang, $v_y = 0$.

Thay giá trị đó vào (18.5) ta xác định được thời điểm vật tới đỉnh I :

$$t_1 = \frac{v_0\sin\alpha}{g} \qquad (18.9)$$

Thay (18.9) vào (18.7) ta có tầm bay cao :

$$H = \frac{v_0^2\sin^2\alpha}{2g} \qquad (18.10)$$

Hãy dùng thiết bị trên để kiểm nghiệm trong các trường hợp sau :

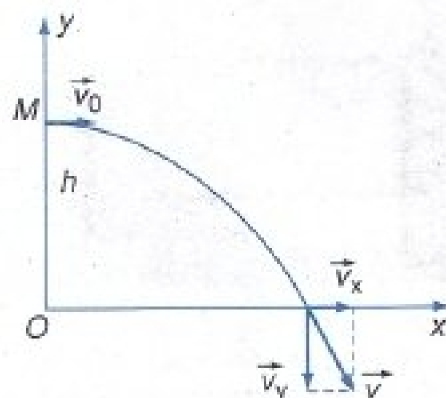
a) Giữ α ở một giá trị nhất định, thay đổi v_0. Nhận xét xem H và L thay đổi như thế nào, có phù hợp với (18.10), (18.12) không ?

b) Giữ v_0 ở một giá trị nhất định, tăng dần α từ 0° đến 90°. Hãy nhận xét xem :

– H, L thay đổi thế nào, có phù hợp với (18.10), (18.12) không ?

– Với giá trị nào của α thì L lớn nhất ?

– Có thể có hai giá trị khác nhau của α mà cho cùng một giá trị của L không ? Vì sao ?



Hình 18.3

3. Tầm bay xa

Ta gọi ***khoảng cách giữa điểm ném và điểm rơi (cùng trên mặt đất) là tầm bay xa.***

Khi vật trở về mặt đất, $y = 0$. Thay giá trị đó vào (18.7) ta tìm được thời điểm vật trở về mặt đất (chỉ lấy nghiệm khác 0).

$$t_2 = \frac{2v_0 \sin\alpha}{g} \qquad (18.11)$$

Thay (18.11) vào (18.6) ta có tầm bay xa :

$$L = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} \qquad (18.12)$$

4. Vật ném ngang từ độ cao h

Bài toán

Một vật được ném từ điểm M ở độ cao $h = 45$ m với vận tốc ban đầu $v_0 = 20$ m/s theo phương nằm ngang. Hãy xác định :

a) Dạng quỹ đạo của vật.

b) Thời gian vật bay trong không khí.

c) Tầm bay xa của vật (khoảng cách từ hình chiếu của điểm ném trên mặt đất đến điểm rơi).

d) Vận tốc của vật khi chạm đất.

Lấy $g = 10$ m/s^2, bỏ qua lực cản của không khí.

Bài giải

Dùng hệ toạ độ như ở Hình 18.3 (Ox nằm trên mặt đất). Vận dụng (18.4) và (18.5) với $\alpha = 0$, ta có :

$$v_x = v_0 = 20 \qquad (18.13)$$

$$v_y = -gt = -10t \qquad (18.14)$$

Từ đó :

$$x = v_0 t = 20t \qquad (18.15)$$

$$y = h - \frac{gt^2}{2} = 45 - 5t^2 \qquad (18.16)$$

a) Rút t từ (18.15) thay vào (18.16), ta có dạng quỹ đạo : $y = 45 - \frac{x^2}{80}$

Quỹ đạo là đường parabol, đỉnh là M.

b) Khi tới đất, $y = 0$. Từ (18.16) :

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 3\text{ s}$$

(bằng thời gian rơi tự do).

c) Thay t vào (18.15) ta được tầm bay xa $L = 60$ m.

d) Thay t vào (18.14) ta có :

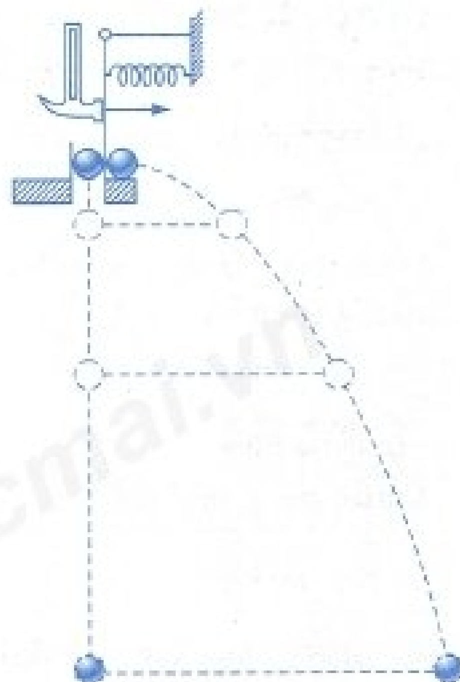
$$v_y = -30\text{ m/s}$$

Vận tốc khi chạm đất :

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \approx 36\text{ m/s}$$

Thí nghiệm kiểm chứng

Theo kết quả câu b của bài toán bên, thời gian chuyển động của một vật bị ném ngang bằng thời gian chuyển động của một vật rơi tự do (từ cùng một độ cao). Thí nghiệm ở Hình 18.4 xác nhận điều đó. Hai vật chạm đất cùng một lúc.



Hình 18.4

CÂU HỎI

1. Khi luyện tập các môn như : đẩy tạ, nhảy xa..., em có thể vận dụng những kiến thức gì trong bài này để nâng cao thành tích của mình ?

2. Từ một máy bay chuyển động đều theo phương nằm ngang, người ta thả một vật xuống đất.
   – Người đứng ở mặt đất nhìn thấy vật có quỹ đạo như thế nào ?
   – Người ở trên máy bay nhìn thấy vật có quỹ đạo như thế nào ?
   – Khi vật rơi tới đất thì máy bay ở đâu ?

   Bỏ qua lực cản của không khí.

BÀI TẬP

1. Một vật khối lượng *m*, được ném ngang từ độ cao *h* với vận tốc ban đầu v_0. Tầm bay xa của nó phụ thuộc vào những yếu tố nào ?

A. *m* và v_0 .	B. *m* và *h*.

C. v_0 và *h*.	D. *m*, v_0 và *h*.

2. Hãy chọn câu đúng.

Trong Hình 18.2, gia tốc của vật tại đỉnh *I*

A. hướng ngang từ trái sang phải.	B. hướng ngang từ phải sang trái.

C. hướng thẳng đứng xuống dưới.	D. bằng 0.

3. Một vật được ném lên từ mặt đất với v_0 = 10 m/s và góc ném α. Tính toán và điền kết quả vào bảng sau đây. Lấy g = 10 m/s^2.

α	0	15^0	30^0	45^0	60^0	75^0	90^0
Tầm bay xa *L* (m)							
Tầm bay cao *H* (m)							

Hãy nhận xét kết quả.

4. Vẽ quỹ đạo của vật trong bài tập trên cho trường hợp $\alpha = 45^0$.

5. Từ độ cao 15 m so với mặt đất, một vật được ném chếch lên với vectơ vận tốc đầu 20 m/s hợp với phương nằm ngang một góc 30^0. Hãy tính :

a) Thời gian từ lúc ném đến lúc vật chạm đất.

b) Độ cao lớn nhất (so với mặt đất) mà vật đạt tới.

c) Tầm bay xa của vật (khoảng cách từ hình chiếu của điểm ném trên mặt đất đến điểm rơi).

Lấy g = 10 m/s^2.

6. Một vật được ném ngang với vận tốc v_0 = 30 m/s, ở độ cao *h* = 80 m.

a) Vẽ quỹ đạo chuyển động.

b) Xác định tầm bay xa của vật.

c) Xác định vận tốc của vật lúc chạm đất.

7. Một máy bay bay theo phương ngang ở độ cao 5 km với vận tốc không đổi 720 km/h. Người trên máy bay muốn thả một vật rơi trúng một đích nào đó trên mặt đất thì phải thả từ cách đích bao xa theo phương nằm ngang ? Bỏ qua lực cản của không khí.

8. Một vật được ném ngang ở độ cao 20 m phải có vận tốc đầu là bao nhiêu để trước lúc chạm đất, vận tốc của nó là 25 m/s ?

19 LỰC ĐÀN HỒI

1. Khái niệm về lực đàn hồi

Khi tay ta (B) kéo dãn một lò xo (A) (Hình 19.1), lò xo sẽ tác dụng vào tay một lực chống lại tác dụng làm dãn, lực như vậy gọi là *lực đàn hồi*. Nếu ta không kéo nữa, lò xo lại trở về hình dạng ban đầu.



Lực đàn hồi xuất hiện khi cánh cung bị uốn cong.

Khi đặt quả cân (B) lên thanh cao su (A) (Hình 19.2), thanh bị cong đi và tác dụng trở lại quả cân một lực đàn hồi. Nếu nhấc quả cân B ra, thanh cũng trở về hình dạng ban đầu.

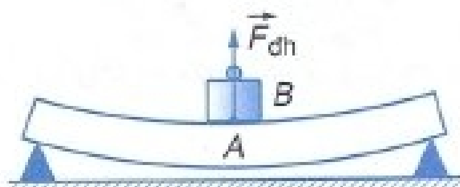
Những biến dạng trong các ví dụ trên đây thuộc loại biến dạng đàn hồi.

Vậy **lực đàn hồi là lực xuất hiện khi một vật bị biến dạng đàn hồi, và có xu hướng chống lại nguyên nhân gây ra biến dạng.**



Hình 19.1 Lực đàn hồi ở lò xo bị kéo

Nếu lực do B tác dụng lên A vượt quá một giá trị nào đó, A sẽ không lấy lại được hình dạng ban đầu nữa. Khi đó ta nói lực do B tác dụng đã vượt quá *giới hạn đàn hồi* của A.



Hình 19.2 Lực đàn hồi ở thanh bị biến dạng

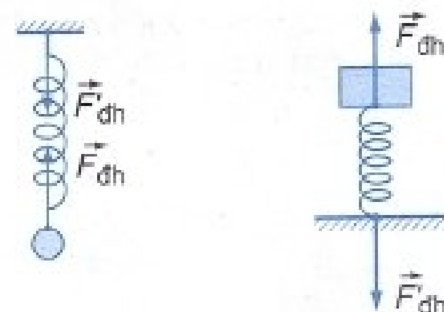
2. Một vài trường hợp thường gặp

a) Lực đàn hồi của lò xo

Khi một lò xo bị kéo hay bị nén, đều xuất hiện lực đàn hồi. Quan sát các Hình 19.3 và 19.4 ta thấy, lực này xuất hiện ở hai đầu lò xo và tác dụng vào các vật tiếp xúc (hay gắn) với lò xo làm nó biến dạng.

- *Phương* của lực trùng với phương của trục lò xo.

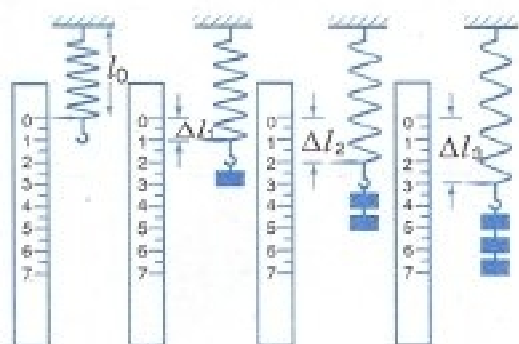
- *Chiều* của lực ngược với chiều biến dạng của lò xo (chiều biến dạng là chiều dịch chuyển tương đối của mỗi đầu lò xo so với đầu kia).



a) Lò xo bị căng : lực đàn hồi là lực kéo hướng vào phía trong của lò xo.

b) Lò xo bị nén : lực đàn hồi là lực đẩy hướng ra phía ngoài của lò xo.

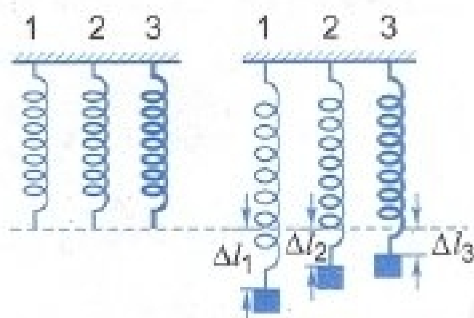
Hình 19.3



Hình 19.4 Lò xo chịu tác dụng của các lực khác nhau

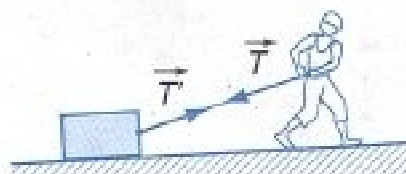
C1 Hãy nêu ý nghĩa của đại lượng k trong công thức (19.1).

Để hiểu ý nghĩa của đại lượng k trong (19.1), ta quan sát thí nghiệm ở Hình 19.5.



Hình 19.5 Các lò xo có độ cứng khác nhau

C2 Trên Hình 19.5, ba lò xo khác nhau có cùng chiều dài tự nhiên. Khi những quả nặng như nhau được treo vào, độ biến dạng của các lò xo khác nhau. Lò xo nào có k lớn nhất ? Nêu ý nghĩa, đơn vị của k.



Hình 19.6

$\vec{T}$: lực căng do dây đặt vào người, có tác dụng kéo người lại.

$\vec{T}'$: lực căng do dây đặt vào vật, có tác dụng kéo vật đi.

• *Độ lớn* tỉ lệ thuận với độ biến dạng của lò xo. Giá trị đại số của lực đàn hồi được diễn tả bằng công thức :

$$F_{\text{đh}} = -k\Delta l \qquad (19.1)$$

trong đó Δl là độ biến dạng của lò xo, k là *hệ số đàn hồi* (hoặc *độ cứng*) của lò xo. Đơn vị của hệ số đàn hồi là N/m, giá trị của nó phụ thuộc vào kích thước lò xo và vật liệu dùng làm lò xo.

Dấu trừ trong công thức (19.1) chỉ rằng, lực đàn hồi luôn ngược với chiều biến dạng.

Công thức 19.1 là nội dung của *định luật Húc* đối với lò xo :

Trong giới hạn đàn hồi, lực đàn hồi của lò xo tỉ lệ thuận với độ biến dạng của lò xo.

b) Lực căng của dây

Khi một sợi dây bị kéo căng, nó sẽ tác dụng lên hai vật gắn với hai đầu dây những lực căng. Những lực này có đặc điểm :

• *Điểm đặt* là điểm mà đầu dây tiếp xúc với vật.

• *Phương* trùng với chính sợi dây.

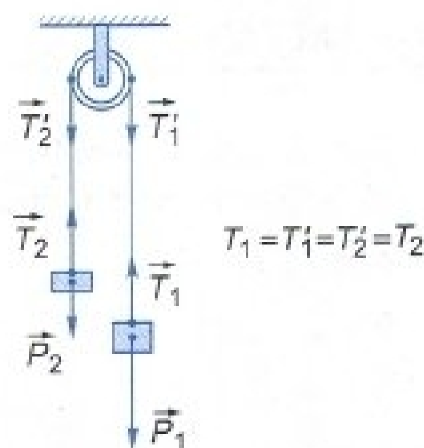
• *Chiều* hướng từ hai đầu dây vào phần giữa của sợi dây. Vì vậy lực căng tác dụng lên một vật chỉ có thể là lực kéo, không thể là lực đẩy.

Với những dây có khối lượng không đáng kể thì lực căng ở hai đầu dây luôn có cùng một độ lớn.

Trường hợp dây vắt qua ròng rọc

Ròng rọc có tác dụng đổi phương của lực tác dụng.

Nếu khối lượng của dây, của ròng rọc, và ma sát ở trục quay không đáng kể thì lực căng trên hai nhánh dây đều có độ lớn bằng nhau (Hình 19.7).



Hình 19.7

3. Lực kế

Dựa vào công thức (19.1) người ta chế tạo dụng cụ đo lực, gọi là lực kế. Trên lực kế, ứng với mỗi vạch chia độ, người ta không ghi các giá trị của độ biến dạng, mà ghi ngay các giá trị của lực đàn hồi tương ứng với độ dãn. Tuỳ theo công dụng, mà lực kế có cấu tạo và hình dạng khác nhau (Hình 19.8). Tuy nhiên bộ phận chủ yếu vẫn là một lò xo.



Hình 19.8 Một số loại lực kế

CÂU HỎI

1. Lực đàn hồi xuất hiện trong trường hợp nào ? Nêu rõ phương, chiều của lực đàn hồi ở lò xo, dây căng.
2. Giải thích ý nghĩa của đại lượng k trong công thức (19.1).
3. Nêu rõ vai trò của lực đàn hồi trong các ví dụ sau :
   – Nút bấm ở bút bi.
   – Hệ thống cung – tên.
   – Cầu bật của vận động viên nhảy cầu (trên bể bơi).
   – Bộ phận giảm xóc ở ô tô, xe máy.
4. Vì sao mỗi lực kế đều có một GHĐ nhất định ? Hãy cho biết GHĐ của mỗi lực kế trên Hình 19.8.

BÀI TẬP

1. Trong thí nghiệm ở Hình 19.4, gọi độ cứng của lò xo là *k*, khối lượng vật nặng là *m*, gia tốc rơi tự do là *g*. Độ dãn của lò xo phụ thuộc vào những đại lượng nào ?

   A. *m*, *k*.

   B. *k*, *g*.

   C. *m*, *k*, *g*.

   D. *m*, *g*.

2. Phải treo một vật có khối lượng bằng bao nhiêu vào lò xo có độ cứng *k* = 100 N/m để lò xo dãn ra được 10 cm ?

3. Một ô tô tải kéo một ô tô con có khối lượng 2 tấn và chạy nhanh dần đều với vận tốc ban đầu $v_0 = 0$. Sau 50 s đi được 400 m. Khi đó dây cáp nối hai ô tô dãn ra bao nhiêu nếu độ cứng của nó là $k = 2,0.10^6$ N/m ? Bỏ qua các lực cản tác dụng lên ô tô con.

4. Khi người ta treo quả cân có khối lượng 300 g vào đầu dưới của một lò xo (đầu trên cố định), thì lò xo dài 31 cm. Khi treo thêm quả cân 200 g nữa thì lò xo dài 33 cm. Tính chiều dài tự nhiên và độ cứng của lò xo. Lấy $g = 10$ m/s^2.

20 LỰC MA SÁT

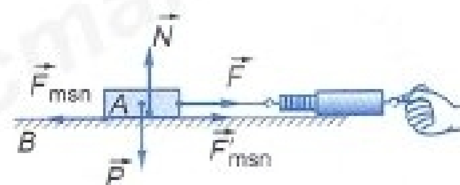


Băng chuyền trên bến than Cửa Ông

1. Lực ma sát nghỉ

a) Sự xuất hiện của lực ma sát nghỉ

Hãy quan sát thí nghiệm ở Hình 20.1.



Hình 20.1 Các lực tác dụng lên vật

Vật A đặt trên mặt bàn nằm ngang B. Trọng lực $\vec{P}$ của A cân bằng với phản lực pháp tuyến $\vec{N}$ của mặt bàn. A đứng yên.

Kéo vật A bằng một lực nằm ngang $\vec{F}$ tăng dần từ 0. Lúc đầu, A vẫn đứng yên. $\vec{F}$ phải đạt tới một giá trị nhất định, A mới dịch chuyển.

$\vec{F}_{msn}$: Lực ma sát nghỉ do bàn tác dụng lên A.

$\vec{F}'_{msn}$: Lực ma sát nghỉ do A tác dụng lên bàn.

Vì sao lúc đầu có lực kéo $\vec{F}$ mà A vẫn đứng yên ? Đó là do mặt bàn đã tác dụng lên A một lực cân bằng với $\vec{F}$, ngăn cản chuyển động của A. Lực đó gọi là *lực ma sát nghỉ* ($\vec{F}_{msn}$). *Lực ma sát nghỉ chỉ xuất hiện khi có ngoại lực tác dụng lên vật. Ngoại lực này có xu hướng làm cho vật chuyển động nhưng chưa đủ để thắng lực ma sát.*

b) Phương, chiều của $\vec{F}_{msn}$

– Giá của $\vec{F}_{msn}$ luôn nằm trong mặt tiếp xúc giữa hai vật.

– $\vec{F}_{msn}$ ngược chiều với ngoại lực.

C1 Qua thí nghiệm, hãy rút ra nhận xét về phương, chiều của lực ma sát nghỉ.

Nếu ngoại lực không song song với mặt tiếp xúc thì $\vec{F}_{msn}$ cân bằng với thành phần của ngoại lực song song với mặt tiếp xúc đó.

c) Độ lớn của lực ma sát nghỉ

$\vec{F}_{msn}$ cân bằng với $\vec{F}$ (ngoại lực). Vậy độ lớn của F_{msn} luôn bằng F.

Nhận xét : Phương, chiều và độ lớn của lực ma sát nghỉ $\vec{F}_{msn}$ phụ thuộc vào lực tác dụng $\vec{F}$.

Nhưng khi F tăng dần, F_{msn} tăng theo đến một giá trị F_M nhất định thì vật A bắt đầu trượt trên vật B. F_M là giá trị lớn nhất của lực ma sát nghỉ :

$$F_{msn} \leq F_M$$

Thí nghiệm cho thấy F_M tỉ lệ thuận với N (N là độ lớn của áp lực do A nén lên B hoặc phản lực pháp tuyến do B tác dụng lên A).

$$F_M = \mu_n N$$

Hệ số tỉ lệ μ_n gọi là *hệ số ma sát nghỉ* (không có đơn vị). Trị số của nó phụ thuộc vào từng cặp vật liệu tiếp xúc.

Từ những công thức trên, ta có thể viết :

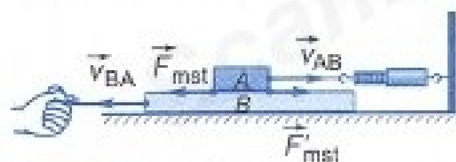
$F_{msn} \leq \mu_n N$

$F_{msn} = F_x$ (thành phần ngoại lực song song với mặt tiếp xúc)

2. Lực ma sát trượt

a) Sự xuất hiện của lực ma sát trượt

Từ thí nghiệm ở Hình 20.2, ta thấy : *lực ma sát trượt xuất hiện ở mặt tiếp xúc khi hai vật trượt trên bề mặt của nhau.*



Hình 20.2

Khi ta mới kéo, tấm ván mỏng *B* trượt trên mặt bàn, vật *A* chuyển động cùng với *B*, làm cho lò xo lực kế dãn dần ra. Khi số chỉ lực kế đạt tới một giá trị nhất định, nếu ta vẫn kéo, tấm ván sẽ trượt so với *A*. Khi đó *A* sẽ đứng yên so với bàn và số chỉ lực kế không đổi. Số chỉ đó chính là độ lớn lực ma sát trượt giữa *A* và *B*.

C2 Qua thí nghiệm, hãy rút ra nhận xét về phương, chiều của lực ma sát trượt.

b) Phương và chiều của lực ma sát trượt

Trong Hình 20.2 : B tác dụng lên A lực $\vec{F}_{mst}$ ngược chiều với vận tốc của A đối với B ($\vec{v}_{AB}$). Mặt khác, A tác dụng lên B phản lực ($\vec{F}'_{mst}$) ngược chiều với $\vec{v}_{BA}$. Vậy *lực ma sát trượt tác dụng lên một vật luôn cùng phương và ngược chiều với vận tốc tương đối của vật ấy đối với vật kia.*

c) Độ lớn của lực ma sát trượt

Làm thí nghiệm như ở Hình 20.2 với các vật A có khối lượng khác nhau, ta nhận thấy độ lớn của F_{mst} tỉ lệ thuận với áp lực N tác dụng lên mặt tiếp xúc :

$$F_{mst} = \mu_t N$$

trong đó μ_t là hệ số ma sát trượt (không có đơn vị).

Chú ý :

– Trong một số trường hợp, hệ số ma sát trượt và hệ số ma sát nghỉ xấp xỉ bằng nhau :

$$\mu_n \approx \mu_t$$

Cũng có những trường hợp chúng chênh nhau đáng kể.

– μ_t hầu như không phụ thuộc vào diện tích mặt tiếp xúc mà phụ thuộc vào tính chất của các mặt tiếp xúc (có nhẵn hay không, làm bằng vật liệu gì).

3. Lực ma sát lăn

Khi một vật lăn trên mặt một vật khác, lực ma sát lăn (F_{msl}) xuất hiện ở chỗ tiếp xúc giữa hai vật và có tác dụng cản trở sự lăn đó.

Lực ma sát lăn cũng tỉ lệ với áp lực N giống như ma sát trượt, nhưng hệ số ma sát lăn nhỏ hơn hệ số ma sát trượt hàng chục lần.

4. Vai trò của ma sát trong đời sống

a) Ma sát trượt

Khi ta hãm phanh (xe đạp, xe máy, ô tô...), lực ma sát trượt giữa má phanh với bánh xe đã làm cho bánh xe quay chậm lại và xuất hiện sự trượt của bánh xe trên mặt đường. Khi đó lực ma sát trượt do mặt đường tác dụng sẽ hãm xe đi chậm lại.

Ma sát trượt còn có ích trong việc mài nhẵn các bề mặt kim loại hoặc gỗ.

Trong nhiều trường hợp, ma sát trượt có hại. Chẳng hạn khi pit-tông chuyển động trong xilanh, ma sát trượt đã cản trở chuyển động và làm mòn cả pit-tông lẫn xilanh. Để giảm ma sát trượt, người ta bôi trơn các chi tiết bằng dầu mỡ công nghiệp.

b) Ma sát lăn

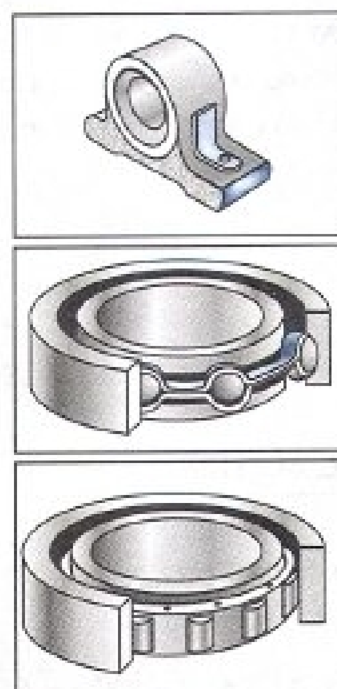
Lực ma sát lăn nhỏ hơn lực ma sát trượt nhiều lần, nên người ta thường tìm cách thay thế phần lớn ma sát trượt bằng ma sát lăn (nhờ các ổ bi, con lăn...) để giảm tổn hại vì ma sát.

Bảng 1

Hệ số ma sát của một số vật liệu (giá trị gần đúng)

Vật liệu	Hệ số ma sát nghỉ	Hệ số ma sát trượt
Thép trên thép	0,74	0,57
Gỗ trên gỗ	0,4	0,2
Nhôm trên thép	0,61	0,47
Cao su trên bê tông khô	0,9	0,7
Thuỷ tinh trên thuỷ tinh	0,9	0,4
Nước đá trên nước đá	0,1	0,03
Teflon trên teflon(*)	0,04	0,04

(*) Loại pôlime chịu nhiệt để phủ chảo chống dính.

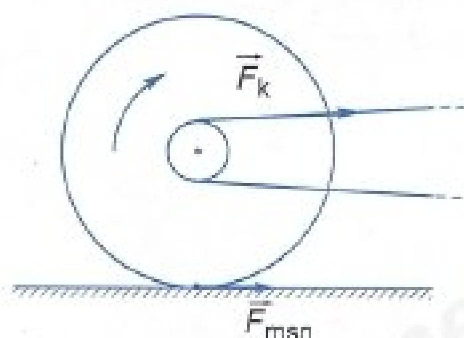


Hình 20.3 Một vài loại ổ bi



Hình 20.4

$\vec{F}'_{msn}$: lực ma sát nghỉ do mặt đất tác dụng lên bàn chân. $\vec{F}_{msn}$: lực ma sát do bàn chân tác dụng lên mặt đất.



Hình 20.5

F_k : lực kéo của xích, F_{msn} : lực ma sát nghỉ do mặt đường tác dụng vào lốp xe.

c) Ma sát nghỉ

Ma sát nghỉ đóng vai trò rất quan trọng trong đời sống. Nhờ có ma sát nghỉ, tay ta mới cầm nắm được các vật, dây cuaroa truyền được chuyển động giữa các bánh xe, băng chuyền vận chuyển được người hoặc vật từ nơi này đến nơi khác...

Trong nhiều trường hợp, lực ma sát nghỉ đóng vai trò lực phát động làm cho các vật chuyển động. Khi ta bước đi, một chân của ta đạp vào mặt đất về phía sau. Nếu đạp phải chỗ thiếu ma sát (rêu trơn, bùn ướt...), bàn chân ta dễ bị trượt về phía sau và không bước đi được. Ở chỗ đường tốt, mặt đường tác dụng vào chân ta một lực ma sát hướng về phía trước, giữ cho bàn chân ta khỏi bị trượt trên mặt đất, khiến cho phần trên của người chuyển động được về phía trước (Hình 20.4).

Khi xe đạp, xe máy chạy, lực kéo của xích làm cho bánh sau của xe quay. Lực ma sát nghỉ do mặt đường tác dụng vào chỗ bánh sau tiếp xúc với mặt đường đã giữ cho chỗ đó của bánh xe không bị trượt về phía sau mà tạm thời đứng yên so với đường. Nhờ đó bánh xe mới lăn được trên đường. Ở đây lực ma sát nghỉ của mặt đường giữ vai trò quan trọng làm cho xe đi về phía trước (Hình 20.5).

Hiện tượng cũng xảy ra tương tự như vậy ở các bánh xe phát động của ô tô, tàu hoả...

Trong những trường hợp ma sát có lợi, người ta thường tìm cách làm tăng tính nhám của các mặt tiếp xúc và tăng áp lực lên mặt tiếp xúc.

CÂU HỎI

1. Lực ma sát nghỉ xuất hiện trong điều kiện nào và có những đặc điểm gì ? Viết công thức tính lực ma sát nghỉ cực đại.
2. Hãy tìm thêm ví dụ về ma sát có ích, ma sát có hại.
3. Vì sao bôi dầu mỡ lại giảm được ma sát ?

4. Trường hợp nào trong hai trường hợp sau đây có lực ma sát nghỉ ?

– Quyển sách nằm yên trên mặt bàn nằm ngang.

– Quyển sách nằm yên trên mặt bàn nghiêng.

5. Tại sao muốn xách một quả mít nặng phải nắm chặt tay vào cuống của quả mít ?

6. Nhiều khi ô tô bị sa lầy, bánh xe quay tít mà xe không nhích lên được. Giải thích hiện tượng.

7. Vì sao muốn cho đầu tàu hoả kéo được nhiều toa thì đầu tàu phải có khối lượng lớn ?

8. Tìm hiểu về ứng dụng của lực ma sát trong các loại băng chuyền (ví dụ băng chuyền than trong bức ảnh ở đầu bài).



BÀI TẬP

1. Hãy chọn câu đúng.

Chiều của lực ma sát nghỉ

A. ngược chiều với vận tốc của vật.

B. ngược chiều với gia tốc của vật.

C. ngược chiều với thành phần ngoại lực song song với mặt tiếp xúc.

D. vuông góc với mặt tiếp xúc.

2. Chọn biểu thức đúng về lực ma sát trượt.

A. $\vec{F}_{mst} = \mu_t \vec{N}$; B. $\vec{F}_{mst} = -\mu_t \vec{N}$; C. $F_{mst} \leq \mu_t N$; D. $F_{mst} = \mu_t N$.

3. Một ô tô khối lượng 1,5 tấn chuyển động thẳng đều trên đường. Hệ số ma sát lăn giữa bánh xe và mặt đường là 0,08. Tính lực phát động đặt vào xe.

4. Một xe ô tô đang chạy trên đường lát bê tông với vận tốc v_0 = 100 km/h thì hãm lại. Hãy tính quãng đường ngắn nhất mà ô tô có thể đi cho tới lúc dừng lại trong hai trường hợp :

a) Đường khô, hệ số ma sát trượt giữa lốp xe với mặt đường là μ = 0,7.

b) Đường ướt, μ = 0,5.

5. Một vật khối lượng m = 400 g đặt trên mặt bàn nằm ngang (Hình 20.6). Hệ số ma sát trượt giữa vật và mặt bàn là μ = 0,3. Vật bắt đầu được kéo đi bằng một lực F = 2 N có phương nằm ngang.



Hình 20.6

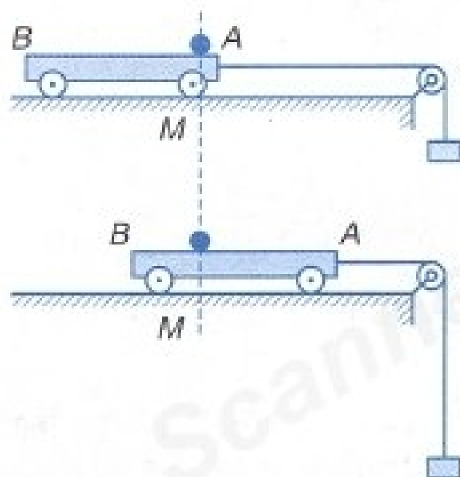
a) Tính quãng đường vật đi được sau 1 s.

b) Sau đó, lực F ngừng tác dụng. Tính quãng đường vật đi tiếp cho tới lúc dừng lại.

21 HỆ QUY CHIẾU CÓ GIA TỐC LỰC QUÁN TÍNH



Hình 21.1
Vì sao lại có cuộc đối thoại này ?



Hình 21.2
Hòn bi đặt trên một rãnh dọc theo chiều dài xe lăn.
– Giữ cho xe đứng yên : Hòn bi đứng yên tại đầu *A*.
– Thả cho xe chuyển động với gia tốc $\vec{a}$: Hòn bi chuyển động về đầu B của xe với gia tốc $-\vec{a}$ so với xe.

C1 Trong hệ quy chiếu gắn với xe, định luật I Niu-tơn có còn được nghiệm đúng nữa không ?

Các định luật Niu-tơn được nghiệm đúng trong hệ quy chiếu quán tính. Trong nhiều bài toán, ta đã coi một cách gần đúng hệ quy chiếu gắn với mặt đất là hệ quy chiếu quán tính. Vậy, liệu các định luật Niu-tơn có được nghiệm đúng trong một hệ quy chiếu chuyển động có gia tốc so với mặt đất hay không ?

1. Hệ quy chiếu có gia tốc

Ta hình dung một hòn bi đặt trên xe lăn như trên Hình 21.2. Khi xe chuyển động với gia tốc $\vec{a}$ so với bàn, nếu không có ma sát giữa hòn bi và rãnh trên xe lăn thì theo định luật I Niu-tơn, hòn bi vẫn đứng yên ở phía trên điểm *M* của bàn.

Trong hệ quy chiếu gắn với xe, mặc dù không có lực nào tác dụng lên hòn bi theo phương nằm ngang, hòn bi vẫn chuyển động về phía *B* với gia tốc $\vec{a}' = -\vec{a}$ giống như là có một lực $\vec{F} = -m\vec{a}$ tác dụng lên vật.

Vậy trong một hệ quy chiếu chuyển động có gia tốc so với một hệ quy chiếu quán tính, các định luật Niu-tơn không được nghiệm đúng nữa. Ta gọi hệ đó là *hệ quy chiếu phi quán tính*.

2. Lực quán tính

Để giải các bài toán cơ học được thuận lợi, người ta tìm cách làm thế nào để vẫn áp dụng được định luật I và II Niu-tơn trong hệ quy chiếu phi quán tính. Muốn vậy, ta thừa nhận rằng : ***Trong một hệ quy chiếu chuyển động với gia tốc $\vec{a}$ so với hệ quy chiếu quán tính, các hiện tượng cơ học xảy ra giống như là mỗi vật có khối lượng m***

chịu thêm tác dụng của một lực bằng $-m\vec{a}$. Lực này gọi là *lực quán tính* :

$$\vec{F}_{qt} = -m\vec{a} \quad (21.1)$$

Với quan niệm đó, ta dễ dàng lí giải được hiện tượng nêu ở phần trên. Khi xe lăn chuyển động với gia tốc $\vec{a}$ so với bàn, thì trong hệ quy chiếu gắn với xe, hòn bi coi như chịu tác dụng của lực quán tính $\vec{F}_{qt} = -m\vec{a}$. Lực này đã truyền cho hòn bi một gia tốc

$$\vec{a}' = \frac{\vec{F}_{qt}}{m} = -\vec{a}$$

và hòn bi chuyển động về phía *B*.

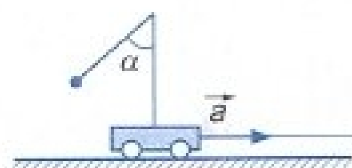
C2 Lực quán tính có gì giống và khác các lực thông thường ?

Lực quán tính giống các lực thông thường ở chỗ, nó cũng gây ra biến dạng hoặc gây ra gia tốc cho vật. Nhưng nó khác các lực thông thường ở chỗ, nó xuất hiện do tính chất phi quán tính của hệ quy chiếu chứ không do tác dụng của vật này lên vật khác. Do đó *lực quán tính không có phản lực*.

3. Bài tập vận dụng

Bài 1

Dùng dây treo một quả cầu khối lượng *m* lên đầu một cái cọc đặt trên xe lăn (Hình 21.3). Xe chuyển động với gia tốc $\vec{a}$ không đổi. Hãy tính góc lệch α của dây so với phương thẳng đứng và lực căng của dây.



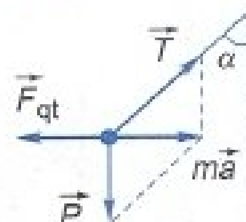
Hình 21.3

Bài giải

Trong hệ quy chiếu gắn với xe, quả cầu chịu tác dụng của lực hút của Trái Đất $\vec{P} = m\vec{g}$, lực căng $\vec{T}$ của dây treo và lực quán tính $\vec{F}_{qt} = -m\vec{a}$ (chính $\vec{F}_{qt}$ kéo dây lệch khỏi phương thẳng đứng). Khi dây treo đã có một vị trí ổn định so với xe, ba lực nói trên cân bằng nhau. Theo Hình 21.4 ta có :

$$\tan\alpha = \frac{F_{qt}}{P} = \frac{a}{g}$$

$$T = \frac{mg}{\cos\alpha}$$



Hình 21.4

Quan sát từ mặt đất (hệ quy chiếu quán tính) : có hai lực tác dụng lên quả cầu là $\vec{P}$ và $\vec{T}$. Hợp lực của chúng là $m\vec{a}$ (theo đúng định luật II Niu-tơn).

Quan sát từ trên xe (hệ quy chiếu phi quán tính) : ngoài hai lực $\vec{P}$ và $\vec{T}$ còn có lực quán tính $\vec{F}_{qt} = -m\vec{a}$ tác dụng lên quả cầu. Ba lực này cân bằng với nhau.

Bài 2

Một vật có khối lượng $m = 2$ kg móc vào một lực kế treo trong buồng thang máy. Hãy tìm số chỉ của lực kế trong các trường hợp :

a) Thang máy chuyển động đều.

b) Thang máy chuyển động với gia tốc $a = 2,2$ m/s^2 hướng lên trên.

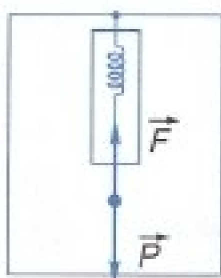
c) Thang máy chuyển động với gia tốc $a = 2,2$ m/s^2 hướng xuống dưới.

d) Thang máy rơi tự do với gia tốc $a = g$.

Bài giải

a) Trong thang máy chuyển động đều (hệ quy chiếu quán tính), khi vật cân bằng, lực đàn hồi $\vec{F}$ của lò xo lực kế cân bằng với lực hấp dẫn $\vec{P}$ (Hình 21.5). Vậy số chỉ lực kế là $F = mg$.

$$F = 2.9,8 = 19,6 \text{ N}$$



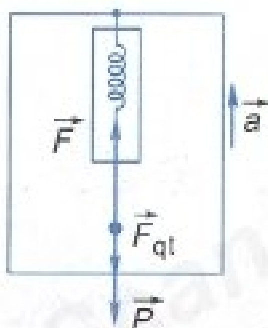
Hình 21.5

b) Trong hệ quy chiếu gắn với thang máy, ngoài $\vec{P}$ và $\vec{F}$, vật còn chịu tác dụng của lực quán tính $\vec{F}_{qt}$ hướng xuống dưới (Hình 21.6). Ở vị trí cân bằng :

$$F = P + F_{qt} = m(g + a)$$

Số chỉ của lực kế :

$$F = 2(9,8 + 2,2) = 24 \text{ N}$$



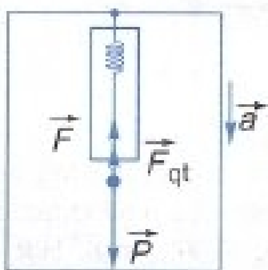
Hình 21.6

Ta cũng có thể giải ***trong hệ quy chiếu quán tính gắn với mặt đất.*** Trong hệ này, vật chỉ chịu tác dụng của $\vec{F}$ và $\vec{P}$. Hợp lực của hai lực này đã tạo cho vật có cùng gia tốc như gia tốc $\vec{a}$ của buồng thang máy. Theo định luật II Niu-tơn : $F - P = ma$. Từ đó, ta cũng có $F = m(g + a)$.

c) Khi $\vec{a}$ hướng xuống dưới thì $\vec{F}_{qt}$ hướng lên trên (Hình 21.7). Ta có thể giải theo một trong hai cách như ở câu b) và đi tới kết quả :

$$F = P - F_{qt} = m(g - a) = 15,2 \text{ N}$$

d) Theo kết quả câu c) nếu $a = g$ thì $F = 0$ (vật nặng hoàn toàn không còn tác dụng kéo dãn lò xo của lực kế nữa).



Hình 21.7

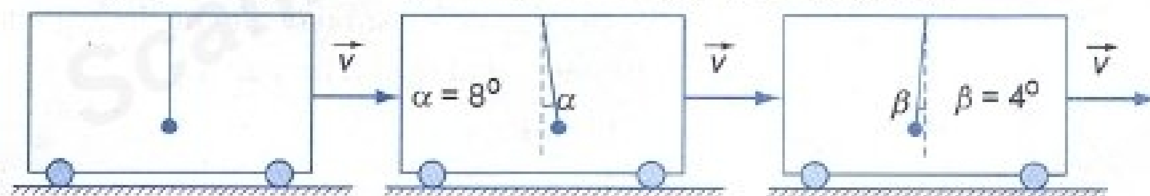
C3 Trong mỗi trường hợp của bài toán này, hãy so sánh số chỉ của lực kế với độ lớn của lực hấp dẫn do Trái Đất đặt lên vật.

CÂU HỎI

1. Hãy lí giải hiện tượng xảy ra trong Hình 21.1. Vì sao lại có cuộc đối thoại như trong hình ?
2. Theo kết quả bài tập vận dụng 2, hãy dự đoán xem khi đi thang máy, ta có thể có cảm giác gì khác thường. Nếu có dịp đi thang máy, em hãy thử để ý xem có cảm thấy được điều đó không. Hãy giải thích vì sao.

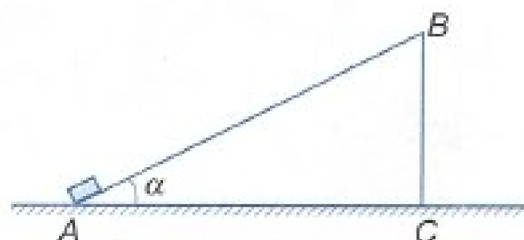
BÀI TẬP

1. Hãy chọn câu đúng.
Bằng cách so sánh số chỉ của lực kế trong thang máy với trọng lượng $P = mg$ của vật treo vào lực kế, ta có thể
A. biết được thang máy đang đi lên hay xuống.
B. biết chiều của gia tốc thang máy.
C. biết được thang máy đang chuyển động nhanh dần hay chậm dần.
D. biết được cả ba điều nói trên.
2. Một vật có khối lượng 0,5 kg móc vào lực kế treo trong buồng thang máy. Thang máy đang đi xuống và được hãm với gia tốc 1 m/s^2. Số chỉ của lực kế là bao nhiêu ?
A. 0,5 N. B. 5,4 N. C. 4,9 N. D. 4,4 N.
3. Một người có khối lượng m = 60 kg đứng trong buồng thang máy trên một bàn cân lò xo. Nếu cân chỉ trọng lượng của người là : a) 588 N ; b) 606 N ; c) 564 N
thì gia tốc của thang máy như thế nào ?
4. Một quả cầu nhỏ, khối lượng m = 300 g, buộc vào một đầu dây treo vào trần của toa tàu đang chuyển động.
Hình 21.8 ghi lại những vị trí ổn định của quả cầu trong một số trường hợp.



Hình 21.8

a) Hãy nhận xét về tính chất của chuyển động của toa tàu trong mỗi trường hợp.
b) Tính gia tốc của toa tàu và lực căng của dây treo trong mỗi trường hợp.
5. Khối nêm hình tam giác vuông ABC có góc nghiêng $\alpha = 30^o$ đặt trên mặt bàn nằm ngang (Hình 21.9). Cần phải làm cho khối nêm chuyển động trên mặt bàn với gia tốc như thế nào để một vật nhỏ đặt tại A có thể leo lên mặt phẳng nghiêng ? Bỏ qua ma sát.



Hình 21.9

6. Một quả cầu khối lượng m = 2 kg treo vào đầu một sợi dây chỉ chịu được lực căng tối đa T_m = 28 N. Hỏi có thể kéo dây đi lên phía trên với gia tốc lớn nhất là bao nhiêu mà dây chưa đứt ?

22 LỰC HƯỚNG TÂM VÀ LỰC QUÁN TÍNH LI TÂM
HIỆN TƯỢNG TĂNG, GIẢM, MẤT TRỌNG LƯỢNG



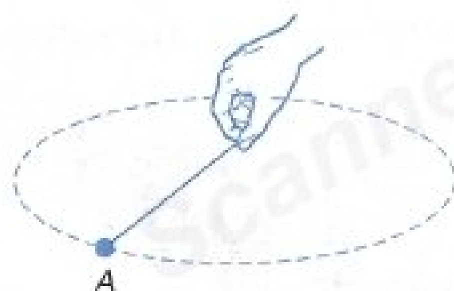
Nhà du hành vũ trụ Việt Nam Phạm Tuân (bên trái) cùng nhà du hành vũ trụ Liên Xô Ri-u-min đang ở trạng thái không trọng lượng trên trạm vũ trụ Chào mừng 6 (tháng 7/1980).

1. Lực hướng tâm và lực quán tính li tâm

a) Lực hướng tâm

Nhận xét

Buộc một vật nhỏ A vào đầu một sợi dây. Ta cầm đầu dây kia và quay nhanh. Nếu dây bị tuột thì vật sẽ văng đi. Vậy chính sợi dây đã giữ cho vật chuyển động trên quỹ đạo tròn (Hình 22.1).



Hình 22.1 *Sợi dây giữ cho vật chuyển động tròn*

Lực hướng tâm

Ở bài 9, ta đã biết rằng một vật chuyển động tròn đều thì gia tốc hướng vào tâm quỹ đạo và có độ lớn là $\frac{v^2}{r}$. Theo định luật II Niu-tơn, lực gây ra gia tốc này phải hướng vào tâm quỹ đạo. Ta gọi nó là *lực hướng tâm* (Hình 22.2). Biểu thức của lực hướng tâm là :

$$F_{ht} = ma_{ht} = \frac{mv^2}{r} \quad (22.1)$$



Hình 22.2

Nếu thay $v = \omega r$ (ω là tốc độ góc) ta còn có :

$$F_{ht} = m\omega^2 r \quad (22.2)$$

Ví dụ về lực hướng tâm

Ví dụ 1. Ở Hình 22.1, nếu ta quay khá nhanh, sợi dây gần như quay trong mặt phẳng nằm ngang. Khi đó có thể coi lực căng Q của dây là lực hướng tâm. Nếu quay chậm, dây quét thành một mặt nón. Khi đó hợp lực của lực căng Q và trọng lực P là lực hướng tâm (Hình 22.3).

Ví dụ 2. Một vật đặt trên một cái bàn quay. Nếu bàn quay không quá nhanh, vật sẽ cùng quay với bàn. Khi đó, lực ma sát nghỉ do bàn tác dụng lên vật là lực hướng tâm (Hình 22.4).

Ví dụ 3. Mặt Trăng hoặc các vệ tinh nhân tạo quay quanh Trái Đất. Trong trường hợp đó, lực hấp dẫn của Trái Đất là lực hướng tâm.

Nhận xét : Khi một vật chuyển động tròn đều, hợp lực của các lực tác dụng lên vật là lực hướng tâm.

b) Lực quán tính li tâm

Trong ví dụ 2 ở mục trên, nếu ta xét trong hệ quy chiếu gắn với mặt đất thì vật có gia tốc hướng tâm $\vec{a}_{ht}$ do lực ma sát gây ra. Còn nếu xét trong hệ $Oxyz$ gắn với bàn như trên Hình 22.5 (Oz là trục quay), thì vật đang ở trạng thái cân bằng.

Vận dụng công thức (21.1), ta coi rằng vật chịu tác dụng của lực quán tính :

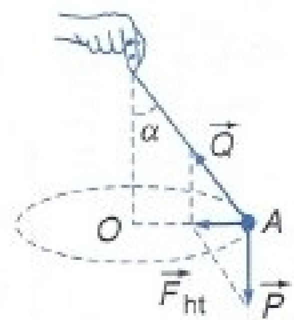
$$\vec{F}_q = -m\vec{a}_{ht} \qquad (22.3)$$

Lực này có chiều hướng ra xa tâm O nên gọi là *lực quán tính li tâm.*

Lực quán tính li tâm có cùng độ lớn với lực hướng tâm :

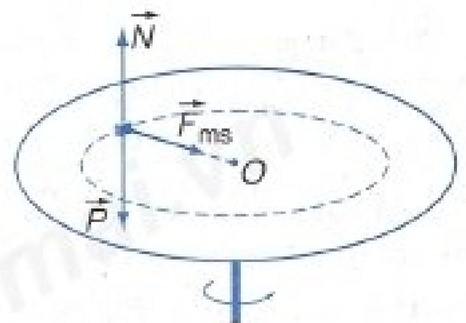
$$F_q = \frac{mv^2}{r} = m\omega^2 r \qquad (22.4)$$

Ta đã biết trọng lực $\vec{P}$ của vật cân bằng với phản lực pháp tuyến $\vec{N}$ của mặt bàn. Nếu bàn quay không quá nhanh, $\vec{F}_{ms}$ và $\vec{F}_q$ cân bằng nhau, vật đứng yên so với mặt bàn. Nếu tốc độ góc của bàn đủ lớn, $\vec{F}_q$ sẽ thắng lực ma sát nghỉ cực đại khiến vật bị trượt ra xa tâm.

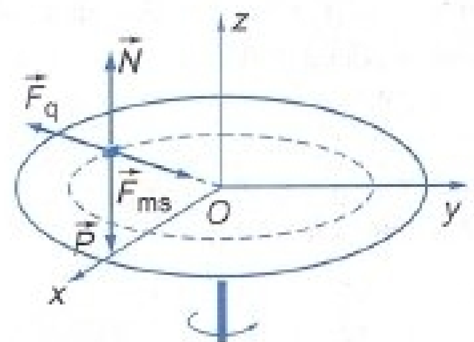


Hình 22.3

C1 Trong thí nghiệm ở Hình 22.3, $\vec{F}_{ht}$ có do một vật cụ thể nào tác dụng vào A theo chiều AO không ?

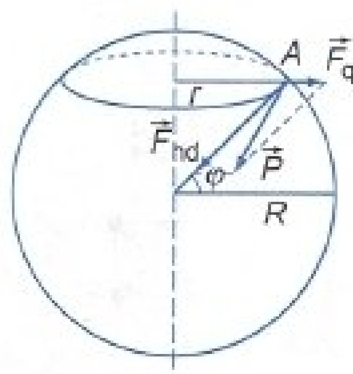


Hình 22.4



Hình 22.5

C2 Lực quán tính li tâm trong Hình 22.5 có thể gây ra hiện tượng gì ?



Hình 22.6

Trái Đất quay quanh trục Bắc – Nam của nó, trong một ngày đêm (24 h) được một vòng (tốc độ góc $\omega = \frac{2\pi}{24.3600}$ rad/s). Điểm A có vĩ độ φ chuyển động trên quỹ đạo tròn bán kính $r = R\cos\varphi$ với cùng tốc độ góc ω (R là bán kính Trái Đất). Lực quán tính li tâm $\vec{F}_q$ tác dụng lên một vật đặt ở A, có hướng như ở hình vẽ và có độ lớn $F_q = m\omega^2 r = m\omega^2 R\cos\varphi$.

C3 Trọng lực $\vec{P}$ có hướng về tâm Trái Đất không ?

2. Hiện tượng tăng, giảm và mất trọng lượng

a) Khái niệm về trọng lực, trọng lượng

Mỗi vật trên mặt đất đều chịu tác dụng của lực hấp dẫn của Trái Đất. Ở các lớp dưới, ta đã gọi lực hấp dẫn ấy là trọng lực của vật.

Nếu xét đến sự quay của Trái Đất quanh trục của nó, thì hệ gắn với mặt đất là hệ phi quán tính. Đối với hệ đó, mỗi vật ngoài lực hấp dẫn còn chịu tác dụng của lực quán tính li tâm. Ta định nghĩa :

Trọng lực của một vật là hợp lực của lực hấp dẫn mà Trái Đất tác dụng lên vật và lực quán tính li tâm xuất hiện do sự quay của Trái Đất quanh trục của nó.

$$\vec{P} = \vec{F}_{hd} + \vec{F}_q \qquad (22.5)$$

Trọng lượng của một vật là độ lớn của trọng lực của vật ấy.

Lực $\vec{F}_q$ này rất nhỏ so với lực hấp dẫn của Trái Đất, nên nếu không yêu cầu độ chính xác cao, ta có thể bỏ qua $\vec{F}_q$ (tức là coi Trái Đất như một hệ quy chiếu quán tính). Trong trường hợp đó, trọng lực là lực hấp dẫn mà Trái Đất tác dụng lên vật.

Ta thấy F_q thay đổi theo vĩ độ φ, do đó P cũng thay đổi theo vĩ độ. Đó là một nguyên nhân dẫn đến sự giảm dần của gia tốc rơi tự do từ địa cực đến xích đạo (xem Bảng 2 ở bài 6).

b) Sự tăng, giảm và mất trọng lượng

Trên thực tế, có nhiều trường hợp một vật được đặt trong một hệ chuyển động có gia tốc $\vec{a}$ so với Trái Đất. Khi đó vật còn chịu thêm tác dụng của lực quán tính $\vec{F}_{qt} = -m\vec{a}$ do chuyển động của hệ gây ra.

Vật sẽ chịu tác dụng của một hợp lực $\vec{P}'$:

$$\vec{P}' = \vec{P} + \vec{F}_{qt}$$

Ở trong hệ đó nếu vật được treo vào một lực kế, lực kế sẽ chỉ giá trị P'. $\vec{P}'$ gọi là *trọng lực biểu kiến*, độ lớn P' gọi là *trọng lượng biểu kiến* của vật.

Khi một người ở trong buồng thang máy chuyển động với gia tốc $\vec{a}$ hướng lên trên (Hình 22.7), thì $\vec{F}_{qt}$ hướng xuống dưới và hợp lực P' có giá trị

$$P' = P + F_{qt} = m(g + a)$$

Khi đó, người sẽ đè lên sàn thang máy một lực lớn hơn mg.

Nếu thang máy có gia tốc $\vec{a}$ hướng xuống dưới, thì $\vec{F}_{qt}$ hướng lên trên, và

$$P' = P - F_{qt} = m(g - a) \qquad (22.6)$$

Người sẽ đè lên sàn một lực nhỏ hơn mg.

Nếu người ở trong một hệ có gia tốc $\vec{a} = \vec{g}$ thì theo (22.6) ta có $P' = 0$. Người sẽ không đè lên sàn thang máy nữa.

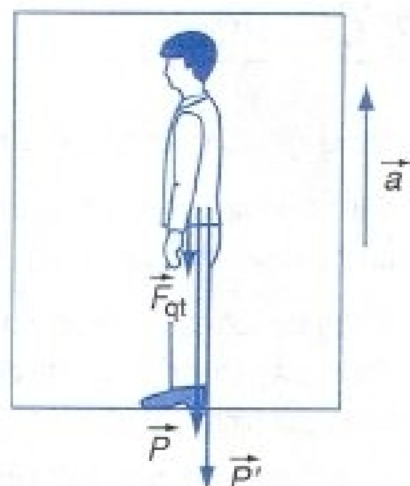
Những hiện tượng đó là sự tăng, giảm hoặc mất trọng lượng biểu kiến (thường gọi tắt là tăng, giảm hoặc mất trọng lượng).

Ví dụ : Một con tàu vũ trụ chuyển động tròn đều quanh Trái Đất (động cơ của con tàu không hoạt động, không có ma sát của khí quyển). Nhờ lực hấp dẫn của Trái Đất mà con tàu có gia tốc hướng tâm là $\vec{g}$. Trong con tàu, các nhà du hành vũ trụ cũng như mọi vật còn chịu tác dụng của lực quán tính :

$$\vec{F}_{qt} = -m\vec{a} = -m\vec{g}$$

Do đó $$\vec{P} = \vec{F}_{hd} + \vec{F}_{qt} = \vec{0}$$

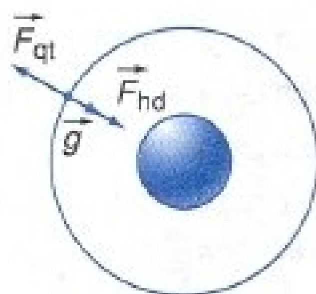
Các nhà du hành vũ trụ sẽ không còn cảm thấy mình đè lên sàn tàu một lực nào nữa, có thể dễ dàng "bay lượn" trong khoang tàu. Đó là trạng thái mất trọng lượng biểu kiến trên tàu vũ trụ (thường gọi tắt là mất trọng lượng).



Hình 22.7 Sự tăng trọng lượng trong thang máy

Khi con tàu vũ trụ được phóng lên thẳng đứng với gia tốc a, nhà du hành trong tàu sẽ cảm thấy mình đè lên sàn tàu một lực bằng $m(g + a)$. Chẳng hạn với $a = 3g$ thì $P = 4mg$.

Do đó, các nhà du hành được phóng lên trong tư thế nằm ngang, vuông góc với phương chuyển động của con tàu, để tránh những ảnh hưởng nguy hiểm cho cơ thể do hiện tượng tăng trọng lượng gây nên (máu khó chảy lên não, các nội tạng bị kéo xuống phía dưới).



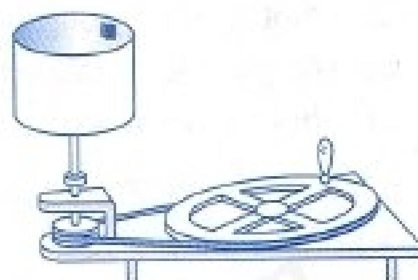
Hình 22.8 Hiện tượng mất trọng lượng trong con tàu vũ trụ

CÂU HỎI

1. Trọng lực, trọng lượng là gì ? Khi nào xảy ra hiện tượng tăng, giảm, mất trọng lượng ?

2. Buộc dây vào quai một cái xô nhỏ đựng nước rồi cầm một đầu dây quay xô trong mặt phẳng thẳng đứng. Vì sao khi quay đủ nhanh thì ở vị trí xô lộn ngược, nước vẫn không rớt khỏi xô ?

3. Trong thí nghiệm bố trí như ở Hình 22.9, khi bình hình trụ được quay nhanh, ta có thể đặt một bao diêm áp vào mặt trong của bình.
   – Lực nào là lực hướng tâm đặt vào bao diêm ?
   – Vì sao bao diêm không rơi ?



Hình 22.9

4. Trong thiết bị như ở Hình 22.9, nếu hình trụ là một cái lồng có mắt dày và ta cho vào lồng một miếng vải ướt, thì khi lồng quay nhanh, nước sẽ văng ra. Giải thích hiện tượng đó. Tìm những ví dụ thực tế ứng dụng loại hiện tượng đó.

5. Chứng minh rằng hiện tượng mất trọng lượng xảy ra trong những con tàu vũ trụ chỉ chịu tác dụng của lực hấp dẫn của các thiên thể, ngoài ra không có lực nào khác tác dụng.

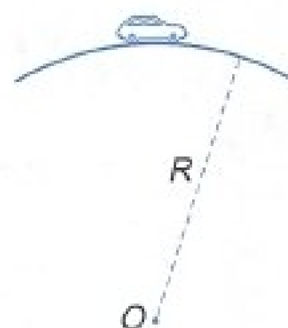
BÀI TẬP

1. Hãy chọn câu đúng.
   Các nhà du hành vũ trụ trên con tàu quay quanh Trái Đất đều ở trong trạng thái mất trọng lượng là do
   A. con tàu ở rất xa Trái Đất nên lực hút của Trái Đất giảm đáng kể.
   B. con tàu ở vào vùng mà lực hút của Trái Đất và lực hút của Mặt Trăng cân bằng nhau.
   C. con tàu đã thoát ra khỏi khí quyển của Trái Đất.
   D. các nhà du hành và con tàu cùng "rơi" về Trái Đất với gia tốc g nên không còn lực của người đè vào sàn tàu.

2. Trong thí nghiệm ở Hình 22.3, dây dài 0,5 m. Hãy tính số vòng quay trong 1 s để dây lệch đi góc $\alpha = 60^0$ so với phương thẳng đứng.

3. Một ô tô khối lượng m = 1 200 kg (coi là chất điểm), chuyển động với vận tốc 36 km/h trên chiếc cầu vồng lên coi như cung tròn có bán kính R = 50 m (Hình 22.10). Tính áp lực của ô tô vào mặt cầu tại điểm cao nhất.

Nếu cầu võng xuống (các số liệu vẫn giữ như trên) thì áp lực của ô tô vào mặt cầu tại điểm thấp nhất là bao nhiêu ? So sánh hai đáp số và nhận xét.



Hình 22.10

4. Trong thí nghiệm ở Hình 22.4, nếu hệ số ma sát nghỉ giữa vật và mặt bàn là 0,25 và vận tốc góc của bàn là 3 rad/s thì có thể đặt vật ở vùng nào trên mặt bàn để nó không bị trượt đi ?

Em có biết ?

Khi nhìn thấy hình ảnh các nhà du hành vũ trụ "bay lượn" trong khoang tàu, chắc các em nghĩ rằng ở trong trạng thái đó hẳn là thú vị lắm. Thật ra, trạng thái tăng hoặc mất trọng lượng đều rất khác lạ so với trạng thái bình thường mà ta đã quen trong cuộc sống trên mặt đất. Các nhà du hành đã phải trải qua quá trình khổ luyện mới thích nghi được.

Người đầu tiên trên thế giới sống trong trạng thái tăng và mất trọng lượng là nhà du hành vũ trụ I-u-ri Ga-ga-rin người Nga. Ông đã thực hiện thành công chuyến bay đầu tiên của con người vào vũ trụ trên con tàu Phương Đông do Liên Xô (trước đây) phóng ngày 12-4-1961.

23 BÀI TẬP VỀ ĐỘNG LỰC HỌC

Phương pháp vận dụng các định luật Niu-tơn và kiến thức về các lực cơ để giải bài toán gọi là phương pháp động lực học. Ta thường gặp một số tình huống :

1. Biết các lực tác dụng lên vật, cần xác định chuyển động.

Cần chỉ rõ các lực tác dụng lên vật (nên diễn đạt bằng hình vẽ). Đặc biệt, cần phân tích rõ những lực thành phần nào có tác dụng làm tăng tốc hoặc cản trở chuyển động. Dùng định luật II Niu-tơn để xác định gia tốc. Dùng các công thức động học (đã học ở chương I) để xác định độ dời, vận tốc của vật.

2. Biết rõ chuyển động, cần xác định lực tác dụng lên vật.

Ta dùng các công thức động học để xác định gia tốc của vật, dùng định luật II Niu-tơn để xác định lực.

Dưới đây ta xét một vài ví dụ.

Bài 1

Đặt một vật trên mặt phẳng nghiêng hợp với mặt đất một góc α. Hệ số ma sát nghỉ và ma sát trượt giữa vật và mặt phẳng nghiêng lần lượt là $\mu_n = 0,4$; $\mu_t \approx 0,2$. Vật được thả ra nhẹ nhàng từ một điểm cách điểm cuối của mặt phẳng nghiêng một đoạn $s = 0,8$ m.

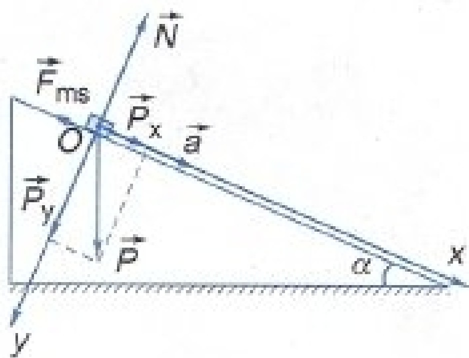
a) Tìm giá trị nhỏ nhất của α để vật có thể trượt xuống khi được thả ra.

b) Với $\alpha = 30^o$, hãy tính gia tốc của vật và vận tốc của vật ở cuối mặt phẳng nghiêng.

Bài giải

a) Vật chịu tác dụng của trọng lực $\vec{P}$. Lực này có thể phân tích thành hai thành phần.

– Thành phần $P_y = mg\cos\alpha$ vuông góc với mặt phẳng, thành phần này tạo thành áp lực của vật lên mặt phẳng nghiêng. P_y cân bằng với phản lực pháp tuyến $\vec{N}$ của mặt phẳng nghiêng.



Hình 23.1

– Thành phần $P_x = mg\sin\alpha$ song song với mặt phẳng nghiêng, hướng xuống phía dưới. Thành phần này có xu hướng kéo vật trượt xuống. Vật còn chịu tác dụng của lực ma sát. Vật trượt xuống được nếu P_x thắng được lực ma sát nghỉ cực đại :

$$mg\sin\alpha > \mu_n mg\cos\alpha$$

$$\tan\alpha > \mu_n$$

Thay số : $\tan\alpha > 0{,}4$; hay $\alpha > 21{,}8^o$

b) Góc $\alpha = 30^o$ thoả mãn điều kiện cho vật trượt xuống. Khi đó, lực ma sát giữa vật và mặt phẳng nghiêng là ma sát trượt. Gia tốc của vật là :

$$a = \frac{P_x - F_{ms}}{m} = \frac{mg\sin\alpha - \mu_t mg\cos\alpha}{m}$$

$$a = g(\sin\alpha - \mu_t\cos\alpha)$$

Thay số, ta được $a \approx 3{,}2$ m/s^2.

Vận tốc của vật ở cuối mặt phẳng nghiêng là :

$$v = \sqrt{2as} \approx 2{,}23 \text{ m/s}$$

Kết quả câu a) của bài toán này là cơ sở của một cách đo hệ số ma sát nghỉ. Em hãy tự suy nghĩ cách làm !

Bài 2

Quả cầu khối lượng $m = 250$ g buộc vào đầu sợi dây dài $l = 0{,}5$ m được làm quay như trên Hình 22.3. Dây hợp với phương thẳng đứng góc $\alpha = 45^o$. Tính lực căng của dây và chu kì quay của quả cầu.

Bài giải

(Sử dụng Hình 22.3)

Lực căng : $Q = \dfrac{mg}{\cos\alpha} = \dfrac{0{,}25.9{,}8}{\cos 45^o} \approx 3{,}46$ N.

Để tính chu kì quay, ta nhận xét :

$$F_{ht} = P\tan\alpha$$

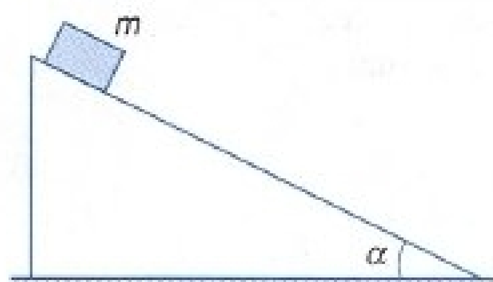
trong đó $P = mg$

$$F_{ht} = m\omega^2 r = m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 l\sin\alpha$$

Vậy : $$m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 l\sin\alpha = mg\tan\alpha$$

Từ đó : $$T = 2\pi\sqrt{\frac{l\cos\alpha}{g}} \approx 1{,}2 \text{ s.}$$

BÀI TẬP

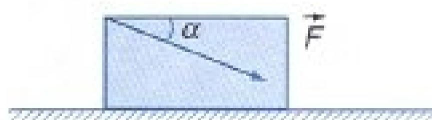


Hình 23.2

1. Vật khối lượng m đặt trên mặt phẳng nghiêng hợp với phương nằm ngang một góc α (Hình 23.2). Hệ số ma sát trượt giữa vật và mặt phẳng nghiêng là μ_t. Khi được thả ra, vật trượt xuống. Gia tốc của vật phụ thuộc vào những đại lượng nào ?

A. μ_t, m, α. B. μ_t, g, α.

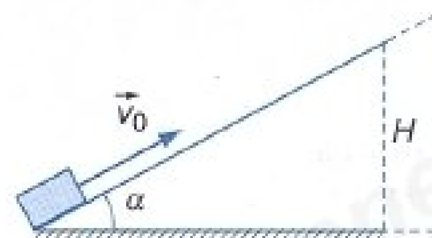
C. m, α, μ_t. D. μ_t, m, g, α.



Hình 23.3

2. Một cái hòm khối lượng m = 40 kg đặt trên sàn nhà. Hệ số ma sát trượt giữa hòm và sàn nhà là μ_t = 0,2. Người ta đẩy hòm bằng một lực F = 200 N theo phương hợp với phương nằm ngang một góc $\alpha = 30^0$, chếch xuống phía dưới (Hình 23.3).

Tính gia tốc của hòm.



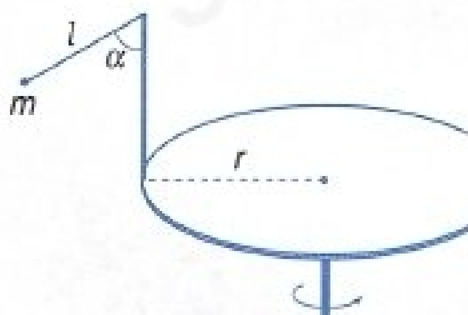
Hình 23.4

3. Một vật đặt trên mặt phẳng nghiêng (góc nghiêng $\alpha = 30^o$), được truyền một vận tốc ban đầu v_0 = 2 m/s (Hình 23.4). Hệ số ma sát giữa vật và mặt phẳng nghiêng là 0,3.

a) Tính gia tốc của vật.

b) Tính độ cao lớn nhất (H) mà vật đạt tới.

c) Sau khi đạt tới độ cao H, vật sẽ chuyển động như thế nào ?



Hình 23.5

4. Một con lắc gồm một quả cầu nhỏ khối lượng m = 200 g treo vào sợi dây chiều dài l = 15 cm, buộc vào đầu một cái cọc gắn ở mép một cái bàn quay (Hình 23.5). Bàn có bán kính r = 20 cm và quay với vận tốc góc không đổi.

a) Tính số vòng quay của bàn trong 1 min để dây nghiêng so với phương thẳng đứng một góc $\alpha = 60^0$.

b) Tính lực căng của dây trong trường hợp của câu a).

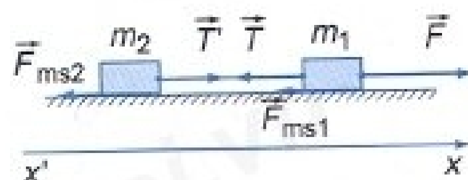
24 CHUYỂN ĐỘNG CỦA HỆ VẬT

Đầu tàu hoả kéo các toa tàu, hai đội kéo co đang thi đấu..., đó là hình ảnh của các hệ vật trong thực tế. Trong bài này, ta xét trường hợp hệ gồm hai vật nối với nhau bằng một sợi dây có chiều dài không đổi và có khối lượng không đáng kể.

1. Khái niệm về hệ vật

Để dẫn tới khái niệm về hệ vật, ta xét bài toán sau :

Hai vật khối lượng m_1 và m_2 nối với nhau bằng sợi dây được đặt trên mặt bàn nằm ngang. Hệ số ma sát trượt giữa mặt bàn và mỗi vật là μ. Khi lực kéo $\vec{F}$ đặt vào vật m_1 theo phương song song với mặt bàn, dây nối căng, hai vật chuyển động với cùng vận tốc theo chiều của lực $\vec{F}$. Tính gia tốc chung của hai vật và lực căng của dây nối. Bỏ qua khối lượng và độ biến dạng của dây.



Hình 24.1 Các lực tác dụng trong một hệ vật

Trên hình này, ta chỉ vẽ các lực tác dụng lên mỗi vật theo phương nằm ngang. Trọng lực tác dụng lên mỗi vật được cân bằng bởi phản lực pháp tuyến của mặt bàn, nên ta không vẽ vào hình.

C1 Hãy viết công thức của định luật II Niu-tơn cho mỗi vật.

Bài giải

Dưới tác dụng của lực $\vec{F}$, vật m_1 có gia tốc và bắt đầu chuyển động, dây bị kéo căng và xuất hiện cặp lực căng $\vec{T}$ và $\vec{T}'$ tác dụng lên mỗi vật như trên Hình 24.1 (xem mục 2b của bài 19).

Ta chọn trục toạ độ $x'x$ hướng theo lực $\vec{F}$ và áp dụng định luật II Niu-tơn cho mỗi vật.

$$F - T - F_{ms1} = m_1 a$$

$$T' - F_{ms2} = m_2 a$$

trong đó : $F_{ms1} = \mu m_1 g$; $F_{ms2} = \mu m_2 g$; $T = T'$.

Giải hệ trên, ta được gia tốc của hệ :

$$a = \frac{F - (F_{ms1} + F_{ms2})}{m_1 + m_2} =$$

$$= \frac{F - \mu(m_1 + m_2)g}{m_1 + m_2}$$

Trong bài toán này, nếu xét hệ gồm hai vật m_1, m_2 và dây nối, thì $\vec{T}$ và $\vec{T}'$ là nội lực, còn lực kéo $\vec{F}$, các lực ma sát, trọng lực, phản lực pháp tuyến của mặt bàn đều là ngoại lực. Trong biểu thức gia tốc chung của hai vật, chỉ có mặt các ngoại lực mà không có mặt nội lực. Các nội lực không gây ra gia tốc cho hệ vì chúng xuất hiện từng cặp trực đối nhau.

và lực căng của dây :

$$T = \frac{m_2 F}{m_1 + m_2}$$

Bài toán này cho ta một ví dụ về hệ vật. Hệ vật là một tập hợp hai hay nhiều vật mà giữa chúng có tương tác.

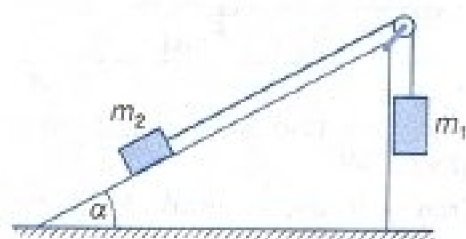
Lực tương tác giữa các vật trong hệ gọi là nội lực. Lực do vật ở ngoài hệ tác dụng lên vật trong hệ gọi là ngoại lực.

2. Một ví dụ khác về hệ vật

Hệ vật gồm hai vật nối với nhau bằng một sợi dây được bố trí như Hình 24.2. Cho $m_1 = 300$ g ; $m_2 = 200$ g ; $\alpha = 30^o$; hệ số ma sát trượt giữa vật m_2 và mặt phẳng nghiêng là $\mu_t = 0{,}3$.

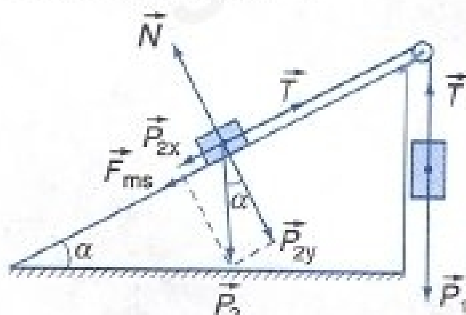
a) Tính gia tốc của mỗi vật m_1, m_2 khi ta thả cho chúng chuyển động.

b) Tính lực căng của dây.



Hình 24.2

C2 Các vật trong hệ ở Hình 24.3 có thể đứng yên hoặc chuyển động theo những khả năng nào ? Làm thế nào để biết được khả năng nào xảy ra ?



Hình 24.3

Bài giải

Trước hết cần nhận xét rằng, dây nối bị kéo về hai phía luôn luôn căng. Mặt khác, chiều dài dây không đổi, nên hai vật luôn luôn có cùng tốc độ và cùng độ lớn gia tốc.

Xét hệ gồm vật 1, vật 2 và sợi dây, ta có

$$P_1 = m_1 g = 0{,}3.9{,}8 = 2{,}94 \text{ N}$$

Trọng lực $\vec{P}_2$ có thể phân tích thành hai thành phần :

* $P_{2x} = m_2 g\sin\alpha = 0{,}2.9{,}8.\sin 30^o = 0{,}98$ N

  $\vec{P}_{2x}$ có xu hướng làm cho vật 2 trượt xuống.

* $P_{2y} = m_2 g\cos\alpha$

  $\vec{P}_{2y}$ nén vật vuông góc với mặt phẳng nghiêng.

Nếu vật 2 trượt trên mặt phẳng nghiêng thì lực ma sát có độ lớn :

$$F_{ms} = \mu_t P_{2y} = \mu_t m_2 g\cos\alpha = 0{,}3.0{,}2.9{,}8.\cos 30^o \approx 0{,}51 \text{ N}$$

Ta thấy $P_1 > P_{2x} + F_{ms}$, vậy vật 1 sẽ đi xuống, kéo vật 2 trượt lên. Do đó, $\vec{F}_{ms}$ có chiều hướng xuống phía dưới (Hình 24.3).

Ngoài ra, tác dụng lên mỗi vật còn có lực căng của dây. Các lực căng này có cùng độ lớn, gọi chung là T. Áp dụng định luật II Niu-tơn cho từng vật.

Với vật 1 : $P_1 - T = m_1 a$

Với vật 2 : $T - P_{2x} - F_{ms} = m_2 a$

Giải hệ phương trình này ta được :

$$a = \frac{P_1 - P_{2x} - F_{ms}}{m_1 + m_2} = \frac{2,94 - 0,98 - 0,51}{0,3 + 0,2} = 2,9 \text{ m/s}^2$$

$$T = P_1 - m_1 a = 2,94 - 0,3.2,9 = 2,07 \text{ N}$$

Còn một cách khác để tính gia tốc, dựa trên nhận xét trực quan :

Đối với hệ đang xét, coi $\vec{P_1}$ là lực phát động, $\vec{P}_{2x}$ và $\vec{F}_{ms}$ là lực cản. $\vec{T}$ và $\vec{T}'$ là những nội lực. Ròng rọc chỉ có tác dụng đổi phương truyền của lực.

Như vậy :

$$a = \frac{P_1 - P_{2x} - F_{ms}}{m_1 + m_2}$$

BÀI TẬP

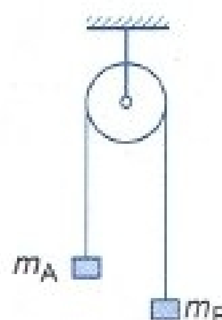
1. Cho hệ vật như ở Hình 24.4. Biết $m_A > m_B$. Gia tốc của hai vật là a. Lực căng của dây bằng bao nhiêu ?

A. $m_A g$. B. $(m_A + m_B)g$. C. $(m_A - m_B)g$. D. $m_A(g - a)$.

2. Một đầu tàu có khối lượng 50 tấn được nối với hai toa, mỗi toa có khối lượng 20 tấn. Đoàn tàu bắt đầu chuyển động với gia tốc $a = 0,2$ m/s^2. Hệ số ma sát lăn giữa bánh xe với đường ray là 0,05. Hãy tính :

a) Lực phát động tác dụng lên đoàn tàu.

b) Lực căng ở những chỗ nối toa.



Hình 24.4

3. Người ta vắt qua một chiếc ròng rọc nhẹ một đoạn dây, ở hai đầu có treo hai vật A và B có khối lượng là $m_A = 260$ g và $m_B = 240$ g (Hình 24.4). Thả cho hệ bắt đầu chuyển động.

a) Tính vận tốc của từng vật ở cuối giây thứ nhất.

b) Tính quãng đường mà từng vật đi được trong giây thứ nhất.

Bỏ qua ma sát ở ròng rọc, coi dây là không dãn.

4. Trong ví dụ ở mục 2 của bài, nếu cho m_1 những giá trị khác nhau (các dữ kiện khác giữ nguyên) thì hiện tượng có thể diễn ra theo những khả năng nào ? Tìm phạm vi giá trị của m_1 để xảy ra mỗi khả năng ấy.

25 Thực hành : XÁC ĐỊNH HỆ SỐ MA SÁT

1. Mục đích

• Xác định bằng thực nghiệm hệ số ma sát trượt và hệ số ma sát nghỉ cực đại giữa hai vật.

• Biết cách dùng lực kế, mặt phẳng nghiêng, thước đo góc, máy đo thời gian hiện số... qua đó củng cố các thao tác cơ bản về thí nghiệm và xử lí kết quả.

• Củng cố kiến thức về lực ma sát, cân bằng lực, động học, động lực học và tĩnh học.

2. Cơ sở lí thuyết

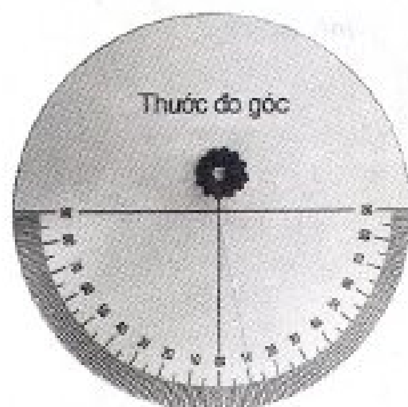
• Hệ số ma sát $\mu = \frac{F}{N}$.

• Hệ số ma sát nghỉ cực đại và hệ số ma sát trượt.

• Vật chuyển động đều khi chịu tác dụng của các lực cân bằng.

• Gia tốc của vật chuyển động trên mặt phẳng nghiêng $a = g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$ với α là góc nghiêng

$$\mu = \tan\alpha - \frac{a}{g\cos\alpha} \quad \text{và} \quad s = \frac{at^2}{2}$$

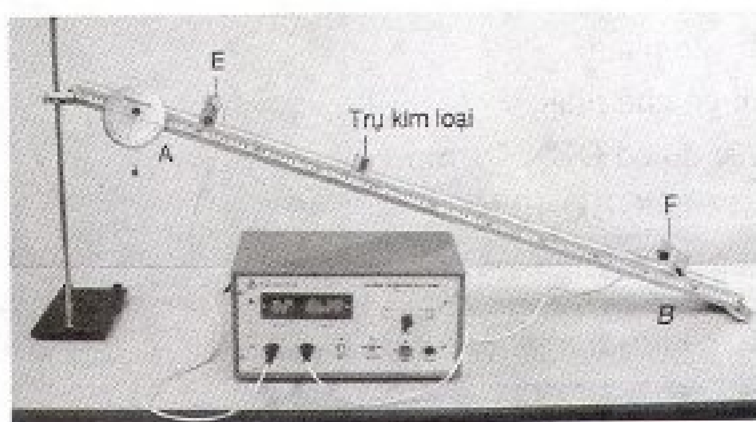


Hình 25.1 Thước đo góc gắn bên mặt phẳng nghiêng

3. Phương án thí nghiệm

a) Phương án 1

– Dụng cụ thí nghiệm (Hình 25.2)



Hình 25.2 Mặt phẳng nghiêng với máy đo thời gian hiện số

- Mặt phẳng nghiêng có thước đo góc.
- Trụ kim loại có $\phi = 3$ cm.
- Máy đo thời gian hiện số.
- Thước thẳng có GHĐ 800 mm.

– Tiến trình thí nghiệm

- Đặt hai cổng quang điện E, F cách nhau $s = 600$ mm.
- Điều chỉnh góc nghiêng α để có α_1 khoảng $20^o - 30^o$ sao cho vật tự trượt trên máng.
- Đặt máy đo thời gian ở chế độ MODE A $\leftrightarrow$ B với ĐCNN 0,001 s.
- Đặt trụ kim loại lên đầu A, đáy tiếp xúc mặt phẳng nghiêng, mặt đứng gần sát E nhưng chưa che khuất tia hồng ngoại.
- Nhấn nút RESET, thả cho vật trượt.
- Lặp lại ba lần các thao tác trên.
- Thực hiện lại thao tác với góc $\alpha_2 \neq \alpha_1$.

– Ghi số liệu

- Đọc số đo thời gian t ứng với α_1 rồi lập bảng số liệu với các giá trị của t, a và μ.
- Lập bảng tương tự với α_2.

– Xử lí số liệu

- Ghi và tính các số liệu trong các bảng trên.

• Tính giá trị trung bình của hệ số ma sát trượt μ cùng với sai số ứng với α_1 và α_2.

b) Phương án 2

– Dụng cụ thí nghiệm

• Tấm ván phẳng.

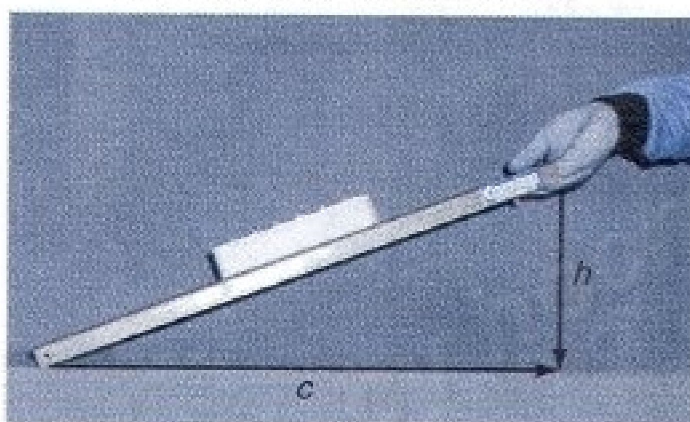
• Khối gỗ chữ nhật.

• Thước đo có ĐCNN 1 mm.

• Lực kế có GHĐ 10 N.

– Tiến trình thí nghiệm

Đo hệ số ma sát nghỉ cực đại



Hình 25.3 Nghiêng tấm ván để đo ma sát

• Đặt khối gỗ trên ván.

• Nghiêng dần ván đến khi khối gỗ bắt đầu trượt.

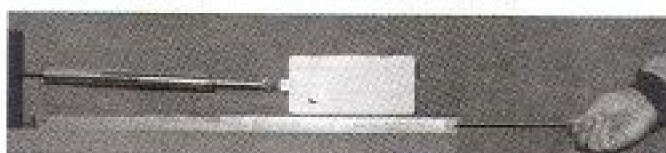
• Đánh dấu, đo độ cao h và hình chiếu c của mặt nghiêng ở vị trí đó.

• Lặp lại ba lần các thao tác trên.

• Lập bảng ghi số liệu, có ba dòng tương ứng với các đại lượng : độ cao h (cm), hình chiếu c (cm), hệ số μ tính được. Mỗi dòng có ít nhất ba số liệu ứng với ba lần đo.

Đo hệ số ma sát trượt

• Đặt khúc gỗ trên mặt ván nằm ngang.



Hình 25.4

• Móc lực kế nằm ngang, một đầu vào khúc gỗ, một đầu vào một điểm cố định.

• Kéo tấm ván chậm theo phương ngang về phía đi ra xa lực kế (chú ý kéo đều).

• Đọc số đo lực kế trong khi tấm ván dời chỗ.

• Đo trọng lượng của khúc gỗ.

• Lặp lại ba lần các thao tác trên.

• Lập bảng ghi số liệu, có ba dòng tương ứng với các đại lượng : lực kéo (N), trọng lượng khối gỗ (N), hệ số μ tính được. Mỗi dòng có ít nhất ba số liệu.

– Xử lí số liệu

• Tính hệ số ma sát nghỉ cực đại và hệ số ma sát trượt theo các số liệu trên.

• Tính giá trị trung bình của μ cùng với sai số.

4. Báo cáo thí nghiệm

Viết theo các nội dung sau :

a) Mục đích của thí nghiệm.

b) Cơ sở lí thuyết của hai phương án.

c) Thực hiện một phương án đã chọn, nêu lí do chọn phương án, nêu các thao tác chính đã làm.

Bảng số liệu của các lần thí nghiệm.

d) Kết quả : Tính giá trị gần đúng và sai số.

e) Nhận xét về phép đo đã thực hiện.

CÂU HỎI

1. Phân biệt các khái niệm : lực ma sát nghỉ, lực ma sát nghỉ cực đại, lực ma sát trượt. Hãy dùng các dụng cụ thí nghiệm trên để minh hoạ về lực ma sát nghỉ cực đại.
2. Có thể dùng thiết bị của phương án xác định hệ số ma sát nghỉ cực đại để đo hệ số ma sát trượt được không ? Giải thích.
3. So sánh kết quả ứng với góc α_1 và α_2 ở phương án 1 và giải thích.

BÀI ĐỌC THÊM

LỰC VÀ KHỐI LƯỢNG

Các em đã được học khái niệm về lực ở lớp 6 và lớp 8, đến đây lại tiếp tục học về lực. Điều đó chứng tỏ lực là một đại lượng vật lí rất quan trọng, nhưng không thể học một lần mà hiểu hết được ngay. Càng học lên, những kiến thức của chúng ta về lực sẽ càng được bổ sung dần cho đầy đủ hơn.

Lực đặc trưng cho sự tương tác giữa các vật. Lực gây ra sự biến dạng và sự biến đổi vận tốc của các vật. Trong nhiều trường hợp, nhiều lực cùng tham gia vào việc duy trì trạng thái cân bằng của một vật.

Trong tự nhiên có rất nhiều loại lực, nhưng chúng đều thuộc một trong bốn loại tương tác : tương tác hấp dẫn, tương tác điện từ, tương tác mạnh, tương tác yếu.

Trong các loại lực cơ mà ta vừa học, lực vạn vật hấp dẫn thuộc tương tác hấp dẫn. Còn lực đàn hồi và lực ma sát ? Có lẽ các em khó mà ngờ được rằng hai loại lực này đều thuộc loại tương tác điện từ. Nhưng việc giải thích cơ chế tạo thành các lực đó phức tạp, nên sách giáo khoa không đề cập đến.

Hai loại tương tác mạnh và yếu sẽ được đề cập ở những lớp trên.

Những biểu hiện của các lực trong tự nhiên thật là đa dạng. Chẳng hạn ở lớp dưới, ta đã biết các điện tích có thể đẩy hoặc hút nhau, nhưng trong tương tác hấp dẫn thì lại chỉ có lực hút ("hấp dẫn" nghĩa là hút). Lực ma sát và lực đàn hồi chỉ tác dụng giữa các vật tiếp xúc nhau, còn lực hấp dẫn thì có thể tác dụng giữa các vật cách nhau rất xa. Các nhà vật lí, trước hết là Niu-tơn, đã khái quát tất cả các biểu hiện đa dạng đó thành khái niệm về một đại lượng : LỰC.

Một đại lượng vật lí nữa các em cũng được học nhiều lần là khối lượng. Thật khó mà có thể học một lần đã hiểu đầy đủ khối lượng là gì. Ở lớp dưới, các em thấy khối lượng liên quan tới lượng chất chứa trong vật. Với định luật II Niu-tơn, ta biết rằng khối lượng đặc trưng cho mức quán tính của vật. Với định luật vạn vật hấp dẫn, ta lại hiểu thêm một điều nữa : vật nào có khối lượng càng lớn thì hút các vật khác càng mạnh ! Như vậy, có thể gọi khối lượng nói tới trong định luật II Niu-tơn là khối lượng quán tính, còn khối lượng nói tới trong định luật vạn vật hấp dẫn là khối lượng hấp dẫn. Nhưng rất nhiều thí nghiệm đã chứng tỏ số đo của hai đại lượng đó trùng nhau. Đầu thế kỉ XX, nhà bác học vĩ đại người Đức Anh-xtanh (Albert Einstein, 1879 - 1955) đã dựa trên sự đồng nhất giữa khối lượng quán tính và khối lượng hấp dẫn để xây dựng nên Thuyết tương đối rộng.

Những hiểu biết của ta về khối lượng đến đây cũng chưa thật hoàn chỉnh. Lên lớp 12, các em sẽ có dịp nghiên cứu để hiểu sâu hơn về khái niệm này.

Có thể nói việc xây dựng được khái niệm về hai đại lượng lực và khối lượng là một thành tựu quan trọng của trí tuệ loài người.

TÓM TẮT CHƯƠNG II

Chủ đề	Ý chính
Định luật I Niu-tơn Định luật II Niu-tơn Định luật III Niu-tơn Hệ quy chiếu phi quán tính Định luật vạn vật hấp dẫn Lực đàn hồi Ma sát nghỉ Ma sát trượt Lực hướng tâm	**Định luật I Niu-tơn** Nếu một vật không chịu tác dụng của lực nào, hoặc chịu tác dụng của các lực có hợp lực bằng 0, thì nó giữ nguyên trạng thái đứng yên hoặc chuyển động thẳng đều. **Định luật II Niu-tơn** Vectơ gia tốc của một vật luôn cùng hướng với lực tác dụng lên vật. Độ lớn của vectơ gia tốc tỉ lệ thuận với độ lớn của vectơ lực tác dụng lên vật và tỉ lệ nghịch với khối lượng của vật. $\vec{a} = \dfrac{\vec{F}}{m}$

Định luật III Niu-tơn

Khi vật A tác dụng lên vật B một lực, thì vật B cũng tác dụng trở lại vật A một lực. Hai lực này là hai lực trực đối.

$$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$$

Những hệ quy chiếu trong đó các định luật Niu-tơn được nghiệm đúng gọi là hệ quy chiếu quán tính.

Hệ quy chiếu phi quán tính (chuyển động với gia tốc $\vec{a}$ so với một hệ quán tính).

Để vận dụng được các định luật Niu-tơn, trong một hệ quy chiếu phi quán tính ta coi như mỗi vật chịu thêm tác dụng của lực quán tính :

$$\vec{F}_{qt} = -m\vec{a}$$

Định luật vạn vật hấp dẫn

Lực hấp dẫn giữa hai vật (coi như chất điểm) tỉ lệ thuận với tích của hai khối lượng của chúng và tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa chúng.

$$F_{hd} = G\frac{m_1m_2}{r^2}$$

với $G = 6,67.10^{-11}$ N.m^2/kg^2, là hằng số hấp dẫn.

Trọng lực của một vật là hợp lực của lực hấp dẫn mà Trái Đất tác dụng lên vật và lực quán tính li tâm xuất hiện do sự tự quay của Trái Đất quanh trục của nó.

$$\vec{P} = \vec{F}_{hd} + \vec{F}_q$$

Trọng lượng là độ lớn của trọng lực của vật.

Lực đàn hồi

Lực đàn hồi xuất hiện khi một vật bị biến dạng đàn hồi, và luôn có xu hướng chống lại nguyên nhân gây ra biến dạng.

Trong giới hạn đàn hồi, lực đàn hồi của lò xo tỉ lệ thuận với độ biến dạng của lò xo :

$$F_{dh} = -k\Delta l$$

Ma sát nghỉ

Lực ma sát nghỉ $\vec{F}_{msn}$ chỉ xuất hiện khi có thành phần của ngoại lực $\vec{F}$ song song với mặt tiếp xúc tác dụng lên vật. $\vec{F}_{msn}$ cân bằng với thành phần đó của $\vec{F}$.

Lực ma sát nghỉ cực đại tỉ lệ thuận với áp lực của vật lên mặt tiếp xúc :

$$F_{msn} \leq \mu_n N$$

Ma sát trượt

Lực ma sát trượt luôn cùng phương ngược chiều với vận tốc của vật, và có độ lớn tỉ lệ thuận với áp lực của vật lên mặt tiếp xúc :

$$F_{mst} = \mu_t N$$

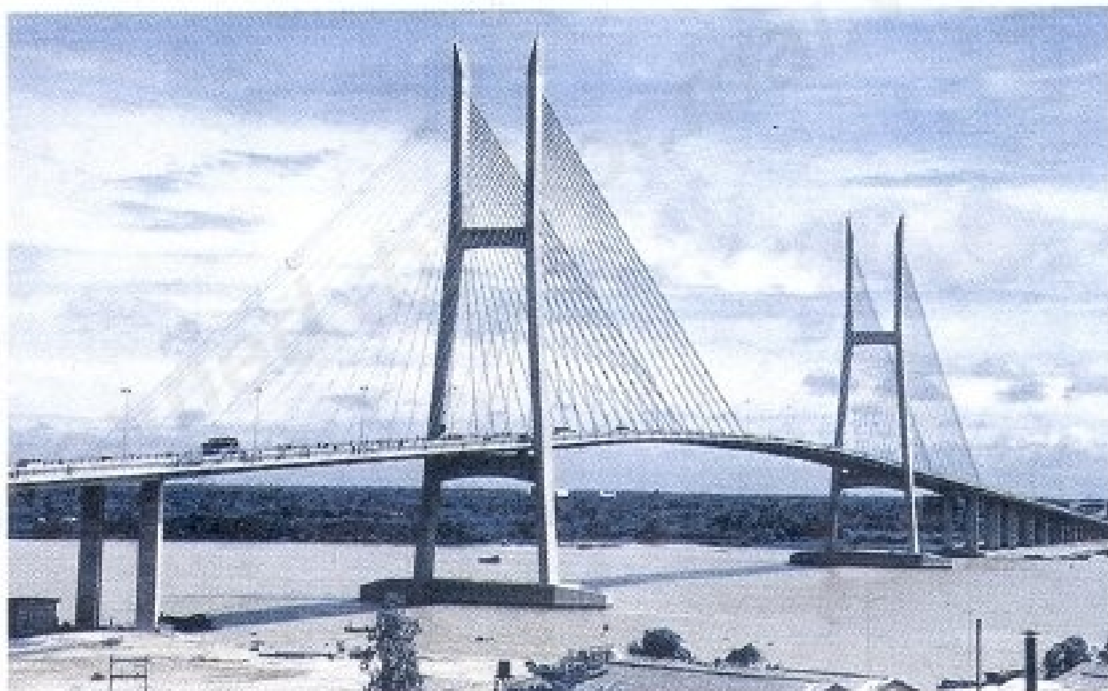
Lực hướng tâm

Khi một vật chuyển động tròn đều, hợp lực của các lực tác dụng lên nó gọi là lực hướng tâm

$$F_{ht} = \frac{mv^2}{r} = m\omega^2 r$$

CHƯƠNG III

Tĩnh học vật rắn



Cầu Mỹ Thuận trên sông Tiền Giang.

Cây cầu dây văng dài nhất nước ta được hoàn thành vào năm đầu của thiên niên kỉ mới. Cầu được giữ cân bằng nhờ hệ thống cáp và các trụ cầu.

Chương này trình bày điều kiện cân bằng của vật rắn trong một số trường hợp khác nhau : vật chịu tác dụng của hai lực, của ba lực, vật có giá đỡ, vật có trục quay cố định. Ngoài ra, ta sẽ khảo sát trọng tâm, quy tắc hợp lực và quy tắc momen.

26 CÂN BẰNG CỦA VẬT RẮN DƯỚI TÁC DỤNG CỦA HAI LỰC TRỌNG TÂM

Trong bài này, chúng ta sẽ bắt đầu nghiên cứu vật rắn ở trạng thái cân bằng tĩnh, là trạng thái đứng yên của vật.

Vật rắn là vật mà khoảng cách giữa hai điểm bất kì của vật không đổi (vật không thay đổi hình dạng).

Giá của lực : Đường thẳng mang vectơ lực gọi là giá của lực hay đường tác dụng của lực.

1. Khảo sát thực nghiệm cân bằng

a) Bố trí thí nghiệm

Vật rắn là miếng bìa cứng nhẹ có ba lỗ nhỏ thẳng hàng A, B, C. Móc vào A và C hai đầu của hai sợi dây nằm ngang nối với hai lực kế. Số chỉ của các lực kế cho biết độ lớn của lực $\vec{F_1}$ và $\vec{F_2}$.



Hình 26.1 Cân bằng của vật rắn



Hình 26.2

Đường thẳng AB gọi là giá của lực $\vec{F}$

Trong thí nghiệm ở Hình 26.1, trọng lực của vật rắn là nhỏ so với hai lực $\vec{F_1}$ và $\vec{F_2}$, vì vậy có thể bỏ qua.

b) Quan sát

Khi vật rắn cân bằng thì :

– Hai sợi dây móc vào A và C nằm trên cùng một đường thẳng.

– Độ lớn của hai lực $\vec{F_1}$ và $\vec{F_2}$ bằng nhau.

2. Điều kiện cân bằng của vật rắn dưới tác dụng của hai lực

Hai lực trực đối là hai lực cùng giá, ngược chiều và có độ lớn bằng nhau.

Trong tĩnh học, trạng thái cân bằng là trạng thái mà mọi điểm của vật rắn đều đứng yên. Hệ lực cân bằng là hệ lực tác dụng lên cùng một vật rắn đứng yên làm cho vật tiếp tục đứng yên.

Khái quát các kết quả ở mục trên ta có kết luận sau :

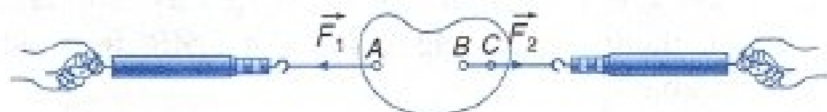
Muốn cho một vật rắn chịu tác dụng của hai lực ở trạng thái cân bằng thì hai lực phải trực đối

$$\vec{F_1} + \vec{F_2} = \vec{0} \qquad (26.1)$$

Ghi chú

Nếu làm lại thí nghiệm ở Hình 26.1, giữ nguyên độ lớn và giá của lực $\vec{F_2}$ nhưng đầu dây phía phải móc vào vật rắn ở lỗ *B* (thay cho *C*) thì vật rắn vẫn cân bằng (Hình 26.3).

Hai lực trực đối cùng đặt lên một vật rắn là *hai lực cân bằng*.



Hình 26.3 *Làm lại thí nghiệm ở Hình 26.1*

Điều đó chứng tỏ rằng : *Tác dụng của một lực lên một vật rắn không thay đổi khi điểm đặt của lực đó dời chỗ trên giá của nó.*

Do tính chất nêu trong ghi chú ở cột bên, người ta nói rằng vectơ biểu diễn lực tác dụng lên một vật rắn là một *vectơ trượt*.

3. Trọng tâm của vật rắn

Mọi vật trên Trái Đất đều chịu tác dụng của trọng lực. *Trọng lực* của một vật rắn có giá là đường thẳng đứng, hướng xuống dưới và *đặt ở một điểm xác định gắn với vật*, điểm ấy *gọi là trọng tâm của vật*. Khi vật rắn dời chỗ thì trọng tâm của vật cũng dời chỗ như một điểm của vật.

4. Cân bằng của vật rắn treo ở đầu dây

Treo vật rắn ở đầu một sợi dây mềm. Khi vật cân bằng, lực căng $\vec{T}$ của sợi dây và trọng lực $\vec{P}$ của vật rắn là hai lực trực đối. Từ đó, ta suy ra rằng :

a) *Dây treo trùng với đường thẳng đứng đi qua trọng tâm G của vật.*

b) *Độ lớn của lực căng T bằng độ lớn của trọng lực P (trọng lượng) của vật.*

Kết quả a) được vận dụng trong việc :

– Dùng dây dọi để xác định đường thẳng đứng.

– Xác định trọng tâm của vật rắn phẳng.

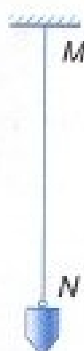


Hình 26.4 *Vật rắn treo ở đầu dây*

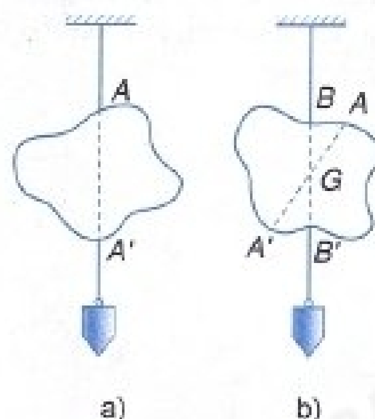
C1 Nếu dây treo vật rắn ở Hình 26.4 không thẳng đứng thì vật có cân bằng không ? Hãy lí giải rõ.

C2 Nếu dây treo ở Hình 26.4 thẳng đứng, nhưng trọng tâm G không nằm trên đường kéo dài của dây treo thì vật có cân bằng không ? Hãy lí giải rõ.

Đường thẳng đứng đi qua một điểm là giá của trọng lực của một chất điểm đặt ở điểm đó.



Hình 26.5
Dây dọi *MN* cho ta hình ảnh của đường thẳng đứng đi qua điểm treo *M*.



Hình 26.6 Xác định trọng tâm

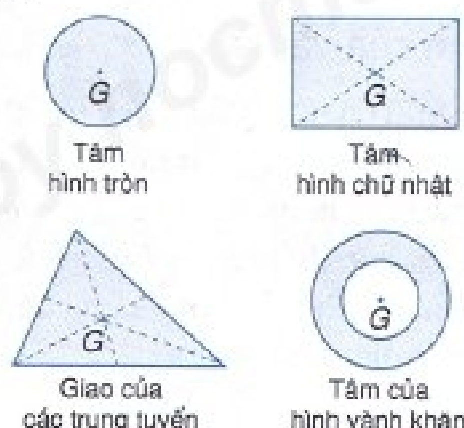
5. Xác định trọng tâm của vật rắn phẳng mỏng

Treo vật ở đầu một sợi dây mềm nối với điểm A của vật. Đưa một dây dọi tới sát dây treo, dùng dây dọi để làm chuẩn, đánh dấu đường thẳng đứng AA' kéo dài của dây treo trên vật (Hình 26.6a).

Treo vật ở điểm B và lại dùng dây dọi làm chuẩn, đánh dấu đường thẳng đứng BB' trên vật (Hình 26.6b).

Trọng tâm G của vật vừa nằm trên AA', vừa nằm trên BB'. Vậy G là giao điểm của hai đường thẳng này.

Dùng phương pháp này có thể xác định được trọng tâm G của một số vật phẳng mỏng. Hình 26.7 cho ta vị trí trọng tâm của một số tấm phẳng đồng tính.



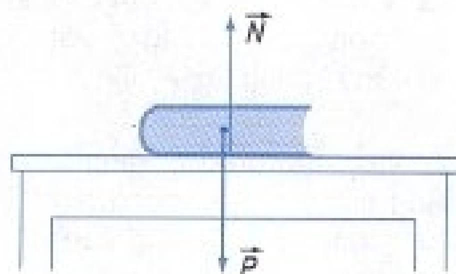
Hình 26.7 Trọng tâm của một số vật rắn phẳng đồng tính

6. Cân bằng của vật rắn trên giá đỡ nằm ngang

Nếu đặt vật rắn trên giá đỡ nằm ngang thì trọng lực $\vec{P}$ ép vật vào giá đỡ, vật tác dụng lên giá đỡ một lực. Giá đỡ tác dụng *phản lực* $\vec{N}$ *lên vật*. Khi vật nằm cân bằng thì $\vec{N}$ trực đối với $\vec{P}$.

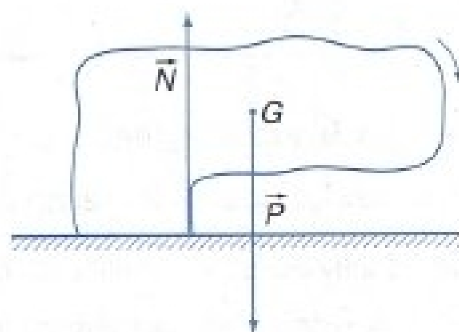
$$\vec{N} = -\vec{P}$$

Ví dụ, quyển sách nằm cân bằng trên mặt bàn nằm ngang (Hình 26.8).



Hình 26.8 Quyển sách nằm cân bằng

Chú ý rằng phản lực $\vec{N}$ của giá đỡ nằm ngang bao giờ cũng đặt lên vật rắn ở diện tích tiếp xúc (hoặc ở mặt chân đế). Nếu đường thẳng đứng vẽ từ trọng tâm G của vật không đi qua diện tích tiếp xúc (Hình 26.9) thì trọng lực $\vec{P}$ và phản lực $\vec{N}$ có giá khác nhau, không thể trực đối được. Do đó vật rắn không thể cân bằng.



Hình 26.9 Đường thẳng đứng vẽ từ G không đi qua diện tích tiếp xúc

Nếu vật rắn tiếp xúc với giá đỡ ở nhiều diện tích tách rời nhau như : bốn chân bàn, ba chân kiềng, hai chân người... thì phản lực tổng hợp coi như một lực có giá đi qua mặt chân đế. Mặt chân đế là hình đa giác lồi nhỏ nhất chứa tất cả các diện tích tiếp xúc (Hình 26.10).



Hình 26.10 Mặt chân đế của một người đứng trên mặt đất

Điều kiện cân bằng của vật rắn có mặt chân đế : Đường thẳng đứng qua trọng tâm của vật gặp mặt chân đế.

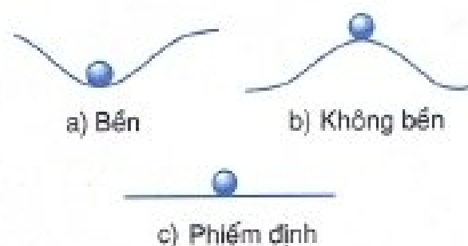
7. Các dạng cân bằng

Xét vật rắn ở vị trí cân bằng trên một điểm tựa, ví dụ hòn bi hình cầu trên một mặt. Nếu đưa vật dời chỗ khỏi vị trí cân bằng một khoảng nhỏ rồi thả ra thì có thể xảy ra một trong những trường hợp sau đây :

a) Vật lại trở về vị trí cân bằng (Hình 26.11a), ta nói rằng vật ở vị trí *cân bằng bền*.

b) Vật càng dời xa vị trí cân bằng (Hình 26.11b), ta nói rằng vật ở vị trí *cân bằng không bền*.

c) Vật cân bằng ở bất kì vị trí nào (Hình 26.11c) ta nói rằng vật ở vị trí *cân bằng phiếm định*.



Hình 26.11 Các dạng cân bằng

CÂU HỎI

1. Nêu đặc điểm của trọng lực.
2. Vì sao nói lực tác dụng lên vật rắn được biểu diễn bởi một vectơ trượt ?
3. Có thể thay thế lực $\vec{F}$ tác dụng lên một vật rắn bằng lực $\vec{F}'$ song song cùng chiều cùng độ lớn với $\vec{F}$ được không ? Nêu một ví dụ cụ thể.
4. Trọng tâm của một vật là gì ? Hãy nêu một cách xác định trọng tâm của vật rắn phẳng, mỏng.
5. Nêu điều kiện cân bằng của một vật rắn có mặt chân đế.

BÀI TẬP

1. Chọn câu **sai**.

   Treo một vật ở đầu sợi dây mềm như ở Hình 26.5. Khi cân bằng, dây treo trùng với

   A. đường thẳng đứng đi qua trọng tâm *G* của vật.

   B. đường thẳng đứng đi qua điểm treo *N*.

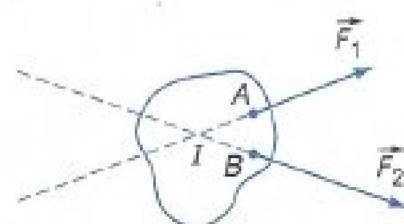
   C. trục đối xứng của vật.

   D. đường thẳng nối điểm treo *N* và trọng tâm *G* của vật.

27 CÂN BẰNG CỦA VẬT RẮN DƯỚI TÁC DỤNG CỦA BA LỰC KHÔNG SONG SONG



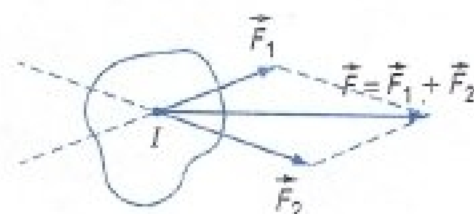
Hòn Trống Mái ở Sầm Sơn (Thanh Hoá)
Người có thể đứng dưới tảng đá to lớn mà không sợ nguy hiểm, tảng đá được giữ cân bằng nhờ các phản lực của tảng đá ở phía dưới.



a) Hệ hai lực



b) Trượt hai lực về điểm đồng quy I



c) Thực hiện quy tắc hình bình hành

Hình 27.1

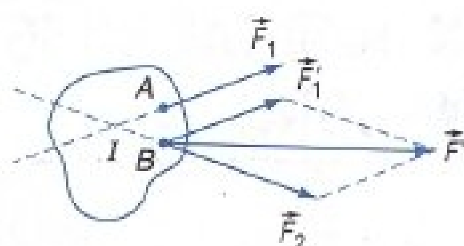
1. Quy tắc tổng hợp hai lực đồng quy

Xét hai lực $\vec{F_1}$ và $\vec{F_2}$ tác dụng lên cùng một vật rắn, có giá cắt nhau tại một điểm I. Đó là *hai lực đồng quy* (Hình 27.1a). Để tổng hợp hai lực đồng quy ta làm như sau :

– Trượt hai lực trên giá của chúng cho tới khi điểm đặt của hai lực là I (Hình 27.1b).

– Áp dụng quy tắc hình bình hành, tìm hợp lực $\vec{F}$ của hai lực (Hình 27.1c) cùng đặt lên điểm I.

$$\vec{F} = \vec{F_1} + \vec{F_2}$$



Hình 27.2

$\vec{F}'$ không phải là hợp lực của $\vec{F}_1$ và $\vec{F}_2$.

Ghi chú

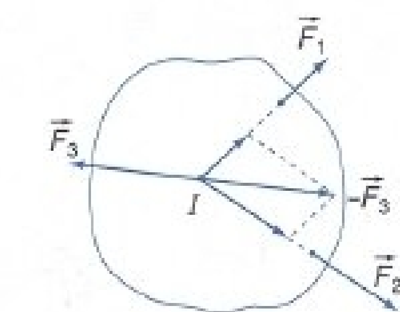
– Nếu vẽ vectơ lực $\vec{F}_1'$ song song cùng chiều và có độ lớn bằng $\vec{F}_1$ từ điểm gốc B của lực $\vec{F}_2$ (Hình 27.2) và vẽ $\vec{F}' = \vec{F}_1' + \vec{F}_2$ thì $\vec{F}'$ không phải là hợp lực của $\vec{F}_1$ và $\vec{F}_2$.

– Chỉ có thể tổng hợp hai lực không song song thành một lực duy nhất khi hai lực đó đồng quy. Hai lực đồng quy thì cùng nằm trên một mặt phẳng nên còn gọi là *hai lực đồng phẳng*.

2. Cân bằng của một vật rắn dưới tác dụng của ba lực không song song

a) Điều kiện cân bằng

Giả thiết vật rắn cân bằng dưới tác dụng của ba lực $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, $\vec{F}_3$. Nếu thay thế hai lực $\vec{F}_1$ và $\vec{F}_2$ bằng một lực trực đối với $\vec{F}_3$, tức là $-\vec{F}_3$ (Hình 27.3), thì vật rắn chịu tác dụng của hai lực trực đối $\vec{F}_3$, $-\vec{F}_3$ và vẫn cân bằng. Lực $-\vec{F}_3$ có tác dụng giống như hai lực $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ tác dụng đồng thời. Vậy $-\vec{F}_3$ là hợp lực của $\vec{F}_1$ và $\vec{F}_2$



Hình 27.3

c $-\vec{F}_3$ là hợp lực của $\vec{F}_1$ và $\vec{F}_2$.

$$-\vec{F}_3 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

Hai lực $\vec{F}_1$ và $\vec{F}_2$ có hợp lực, chúng phải đồng quy. Hợp lực $-\vec{F}_3$ phải nằm trong cùng mặt phẳng với $\vec{F}_1$ và $\vec{F}_2$. Giá của lực $\vec{F}_3$, cũng là giá của $-\vec{F}_3$, nằm trong cùng mặt phẳng với $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ và đi qua giao điểm I của giá của $\vec{F}_1$ và $\vec{F}_2$. Vậy ba lực $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, $\vec{F}_3$ đồng phẳng và đồng quy.

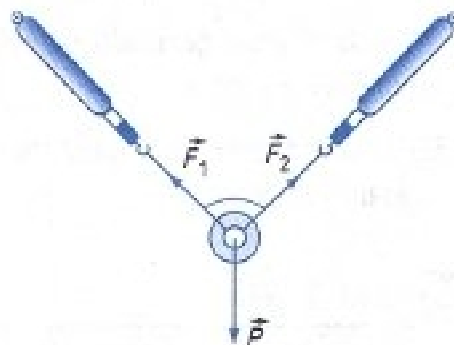
Điều kiện cân bằng của một vật rắn chịu tác dụng của ba lực không song song là hợp lực của hai lực bất kì cân bằng với lực thứ ba

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{0} \quad (27.1)$$

điều kiện này đòi hỏi ba lực phải đồng phẳng và đồng quy.

b) Thí nghiệm minh hoạ

Treo một vật nặng mỏng hình nhẫn bằng hai sợi dây (Hình 27.4). Hai lực kế chỉ lực tác dụng của hai sợi dây. Một dây dọi đi qua trọng tâm O chỉ giá của trọng lực $\vec{P}$ đặt lên vật. Thí nghiệm cho thấy, khi vật nằm cân bằng, thì ba lực là lực căng của hai sợi dây và trọng lực $\vec{P}$ nằm trong cùng một mặt phẳng.

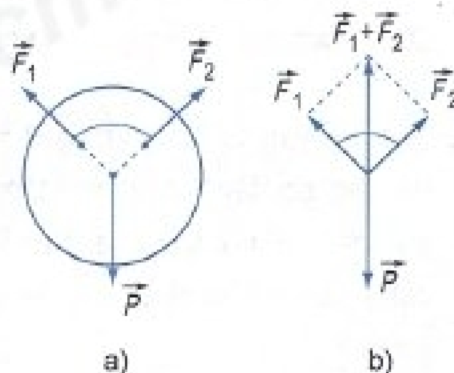


Hình 27.4 Vật hình nhẫn cân bằng

C1 Trọng tâm O của vòng nhẫn ở đâu ?

Ta dùng một cái bảng đặt thẳng đứng để cụ thể hoá mặt phẳng đó và vẽ trên mặt phẳng ba đường thẳng biểu diễn các giá của ba lực. Ta nhận thấy ba đường đó đồng quy (Hình 27.5a).

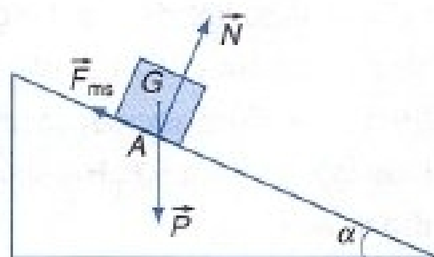
Từ điểm đồng quy, vẽ hai lực $\vec{F}_1$ và $\vec{F}_2$ theo một tỉ lệ xích thích hợp rồi dùng quy tắc hình bình hành xác định hợp lực của chúng. Qua thí nghiệm, có thể xác minh rằng giá của hợp lực trùng với đường dây dọi và giá trị của hợp lực bằng trọng lượng của vật. Hình 27.5b cho kết quả thu được.



Hình 27.5 Sơ đồ lực cân bằng

3. Ví dụ

Xét một vật hình hộp cân bằng trên một mặt phẳng nghiêng có ma sát (Hình 27.6). Có ba lực tác dụng lên vật : trọng lực $\vec{P}$ đặt tại trọng tâm G, lực ma sát $\vec{F}_{ms}$ có giá nằm trên mặt phẳng nghiêng, phản lực $\vec{N}$ của mặt phẳng nghiêng. Ba lực này đồng phẳng và đồng quy. Từ đó suy ra phản lực $\vec{N}$ đặt tại điểm A, không phải là tâm của diện tích tiếp xúc, A lệch về phía dưới của mặt phẳng nghiêng.



Hình 27.6 Hình hộp cân bằng trên mặt phẳng nghiêng

CÂU HỎI

1. Điều kiện cân bằng của một vật rắn dưới tác dụng của ba lực không song song là gì ?
2. Có gì khác nhau giữa điều kiện cân bằng của chất điểm và của vật rắn dưới tác dụng của ba lực không song song ?
3. Định nghĩa hợp lực của hai lực tác dụng lên một vật rắn. Hai lực tác dụng lên một vật rắn như thế nào thì có hợp lực ?

BÀI TẬP

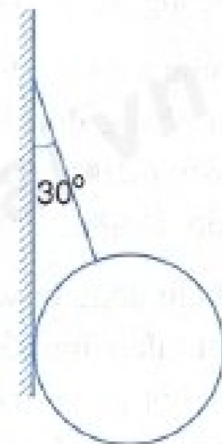
1. Điều kiện nào sau đây là đủ để hệ ba lực tác dụng lên cùng một vật rắn là cân bằng ?

   A. Ba lực đồng quy.

   B. Ba lực đồng phẳng.

   C. Ba lực đồng phẳng và đồng quy.

   D. Hợp lực của hai trong ba lực cân bằng với lực thứ ba.



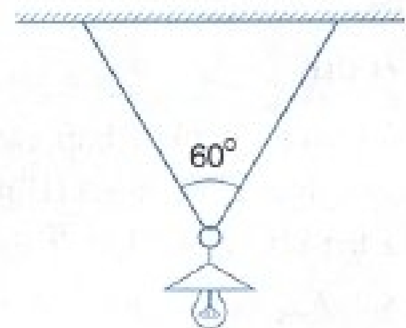
Hình 27.7

2. Một quả cầu có trọng lượng P = 40 N được treo vào tường nhờ một sợi dây hợp với mặt tường một góc α = 30°. Bỏ qua ma sát ở chỗ tiếp xúc giữa quả cầu và tường. Hãy xác định lực căng của dây và phản lực của tường tác dụng lên quả cầu (Hình 27.7).

3. Một ngọn đèn có khối lượng m = 1 kg được treo dưới trần nhà bằng một sợi dây. Dây chỉ chịu được lực căng lớn nhất là 8 N.

   a) Chứng minh rằng không thể treo ngọn đèn này vào một đầu dây.

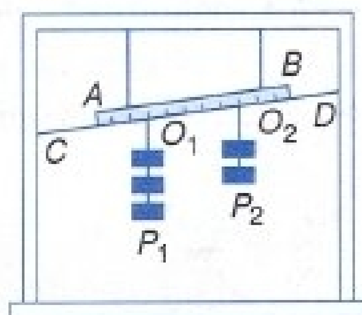
   b) Người ta đã treo đèn này bằng cách luồn sợi dây qua một cái móc của đèn và hai đầu dây được gắn chặt trên trần nhà (Hình 27.8). Hai nửa sợi dây có chiều dài bằng nhau và hợp với nhau một góc bằng 60°. Hỏi lực căng của mỗi nửa sợi dây là bao nhiêu ?



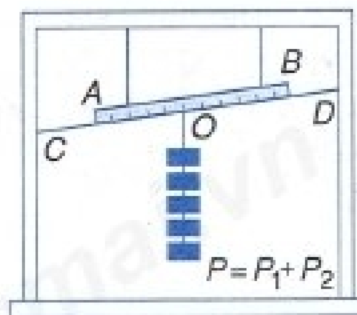
Hình 27.8

28 QUY TẮC HỢP LỰC SONG SONG. ĐIỀU KIỆN CÂN BẰNG CỦA MỘT VẬT RẮN DƯỚI TÁC DỤNG CỦA BA LỰC SONG SONG

1. Thí nghiệm tìm hợp lực của hai lực song song



a)



b)

Hình 28.1 *Thí nghiệm tìm hợp lực*

Thước AB treo vào hai sợi dây cao su đàn hồi. Hai chùm quả cân có trọng lượng lần lượt là P_1 và P_2 được treo ở điểm O_1 và O_2 của thước. Như vậy là *có hai lực song song cùng chiều $\vec{P_1}$ và $\vec{P_2}$ tác dụng vào thước* (Hình 28.1a). Những lực này làm cho hai dây cao su treo thước dãn ra. Ta dùng một dây CD đánh dấu vị trí của thước.

Bỏ hai chùm quả cân P_1 và P_2 ra, lấy một chùm quả cân P, với $P = P_1 + P_2$. Chùm này được treo tại một điểm O (cần phải dò tìm điểm O) sao cho *thước AB lại ở vị trí đúng như trước* (đã được đánh dấu bởi dây CD) (Hình 28.1b).

Như thế lực $\vec{P}$ đặt tại O có tác dụng giống hệt như tác dụng đồng thời của lực $\vec{P_1}$ đặt tại O_1 và lực $\vec{P_2}$ đặt tại O_2. Vậy lực $\vec{P}$ đúng là hợp lực của hai lực song song $\vec{P_1}$ và $\vec{P_2}$.

Dữ liệu trong thí nghiệm ở Hình 28.1a và b :

P_1 : 3 quả cân 200 g

P_2 : 2 quả cân 200 g

P : 5 quả cân 200 g

$OO_1 = h_1 = 10$ cm

$OO_2 = h_2 = 15$ cm

Hệ thức thu được :

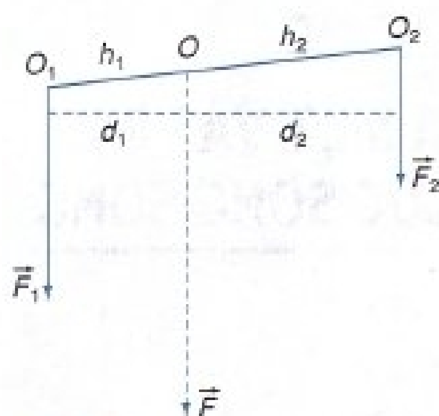
$P = P_1 + P_2$

$P_1h_1 = P_2h_2$

Nếu gọi d_1 và d_2 là khoảng cách giữa giá của $\vec{P}$ và giá của $\vec{P_1}$, của $\vec{P_2}$ thì

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{d_1}{d_2}$$

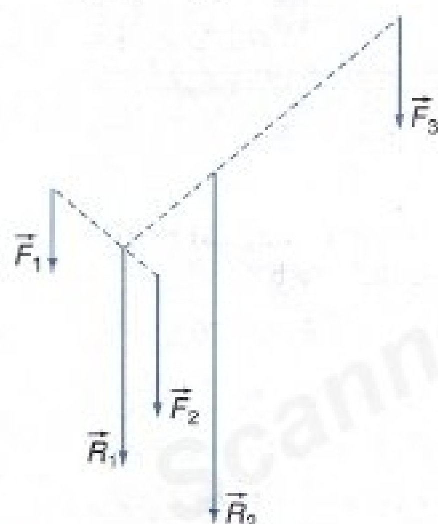
và $$P_1d_1 = P_2d_2$$



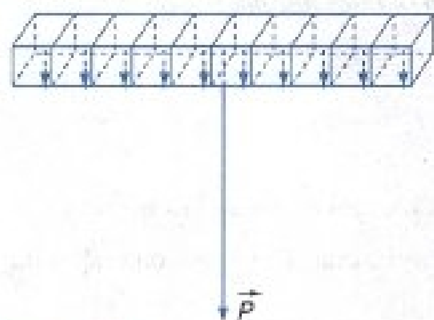
Hình 28.2 Hợp hai lực song song cùng chiều

Nếu $\vec{F}$ là hợp lực của $\vec{F}_1$ và $\vec{F}_2$ thì

- $F = F_1 + F_2$
- Giá của $\vec{F}$ nằm trong mặt phẳng của $\vec{F}_1$ và $\vec{F}_2$
- $F_1 d_1 = F_2 d_2$



Hình 28.3 Hợp nhiều lực song song cùng chiều



Hình 28.4
Trọng lực đặt lên thanh là hợp lực của các trọng lực đặt lên các phần tử của thanh.

2. Quy tắc hợp hai lực song song cùng chiều

Từ kết quả thí nghiệm, ta suy ra :

a) Quy tắc

Hợp lực của hai lực $\vec{F}_1$ và $\vec{F}_2$ song song, cùng chiều, tác dụng vào một vật rắn, là một lực $\vec{F}$ song song, cùng chiều với hai lực và có độ lớn bằng tổng độ lớn của hai lực đó

$$F = F_1 + F_2 \qquad (28.1)$$

Giá của hợp lực $\vec{F}$ nằm trong mặt phẳng của $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ và chia khoảng cách giữa hai lực này thành những đoạn tỉ lệ nghịch với độ lớn của hai lực đó (Hình 28.2).

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{d_2}{d_1} \qquad (28.2)$$

(chia trong)

b) Hợp nhiều lực

Nếu muốn tìm hợp lực của nhiều lực song song cùng chiều $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$,..., $\vec{F}_n$ thì ta hợp hai lực $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ được $\vec{R}_1 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$; rồi lại hợp hai lực $\vec{R}_1$ và $\vec{F}_3$ được $\vec{R}_2 = \vec{R}_1 + \vec{F}_3$ (Hình 28.3) và cứ tiếp tục như thế cho đến lực cuối cùng $\vec{F}_n$. Hợp lực $\vec{F}$ tìm được sẽ là một lực song song cùng chiều với các lực thành phần và có độ lớn bằng tổng cộng độ lớn các lực thành phần.

c) Lí giải về trọng tâm của vật rắn

Quy tắc hợp lực song song cùng chiều giúp ta hiểu rõ thêm về trọng tâm của một vật. Thật vậy, bất kì một vật nào cũng có thể chia thành nhiều phần tử nhỏ, mỗi phần tử có một trọng lực nhỏ hướng theo chiều thẳng đứng xuống dưới, các trọng lực nhỏ tạo thành một hệ lực song song cùng chiều đặt lên vật. Hợp lực của chúng là trọng lực đặt lên vật. Điểm đặt của trọng lực (trọng tâm của vật) chính là điểm đặt của hợp lực này (Hình 28.4).

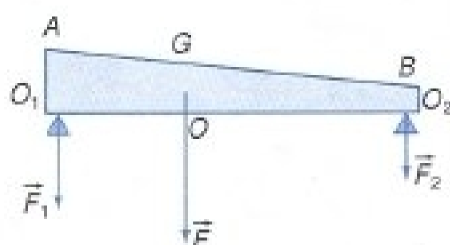
d) Phân tích một lực thành hai lực song song

Phân tích một lực $\vec{F}$ thành hai lực $\vec{F_1}$ và $\vec{F_2}$ song song với $\vec{F}$ tức là tìm hai lực $\vec{F_1}$ và $\vec{F_2}$ song song và có hợp lực là $\vec{F}$. Có vô số cách phân tích một lực đã cho.

Trong từng bài toán, khi có những yếu tố đã được xác định, ví dụ điểm đặt của hai lực $\vec{F_1}$ và $\vec{F_2}$ đã cho, thì phải dựa vào đó để chọn cách phân tích thích hợp.

e) Bài tập vận dụng

Một thanh sắt có khối lượng 50 kg được kê bởi hai giá đỡ O_1 và O_2 ở hai đầu (Hình 28.5). Đường thẳng đứng qua trọng tâm G chia đoạn thẳng O_1O_2 theo tỉ lệ $\frac{OO_2}{OO_1} = 2$. Tính lực của thanh sắt đè lên từng giá đỡ.



Hình 28.5 Phân tích một lực thành hai lực song song

Bài giải

Theo quy tắc hợp lực

$$F = F_1 + F_2$$

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{OO_2}{OO_1} = 2$$

Từ đó suy ra

$$F_1 = \frac{2}{3}F = \frac{2}{3}.50.9,81 \text{ N}$$

$$= 327 \text{ N}$$

$$F_2 = \frac{1}{3}F = 163 \text{ N}$$

3. Điều kiện cân bằng của vật rắn dưới tác dụng của ba lực song song

Lập luận tương tự như trong trường hợp của ba lực không song song, ta cũng đi đến cùng một kết luận. ***Điều kiện cân bằng của một vật rắn dưới tác dụng của ba lực $\vec{F_1}, \vec{F_2}, \vec{F_3}$ song song là hợp lực của hai lực bất kì cân bằng với lực thứ ba***

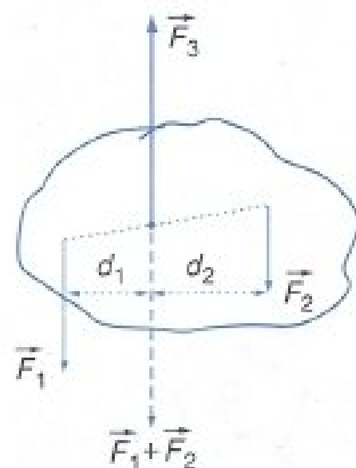
$$\vec{F_1} + \vec{F_2} + \vec{F_3} = \vec{0} \qquad (28.3)$$

Điều kiện này đòi hỏi *ba lực phải đồng phẳng* (cùng nằm trên một mặt phẳng).

Thực vậy, trong số ba lực, có hai lực cùng chiều và một lực trái chiều (Hình 28.6). Lực trái chiều $\vec{F_3}$ cân bằng (do đó cùng giá) với hợp lực của hai lực kia $(\vec{F_1} + \vec{F_2})$ tức là nằm trong mặt phẳng của hai lực ấy.

Độ lớn của lực $\vec{F_3}$ bằng độ lớn của hợp lực $\vec{F_1} + \vec{F_2}$, tức là :

$$F_3 = F_1 + F_2$$



Hình 28.6 Điều kiện cân bằng

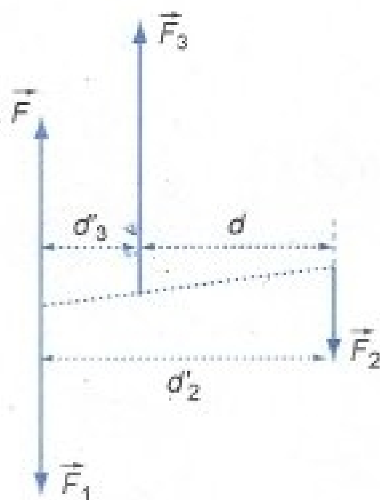
Giá của lực trái chiều $\vec{F_3}$ (cũng là giá của $\vec{F_1} + \vec{F_2}$) chia khoảng cách giữa giá của $\vec{F_1}$ và $\vec{F_2}$ theo tỉ lệ nghịch với độ lớn

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{F_2}{F_1}$$

(chia trong)

Ví dụ : Thanh sắt trong bài toán ở mục 2e ở trạng thái cân bằng dưới tác dụng của ba lực là trọng lực $\vec{P}$ của thanh và hai phản lực $\vec{N_1}$ và $\vec{N_2}$ của giá đỡ.

C1 Vẽ sơ đồ lực tác dụng lên thanh sắt nằm cân bằng trên giá đỡ Hình 28.5.



Hình 28.7 Hợp lực trái chiều

4. Quy tắc hợp hai lực song song trái chiều

Dựa vào điều kiện cân bằng của vật rắn dưới tác dụng của ba lực song song, ta có thể suy ra rằng hợp lực $\vec{F}$ của hai lực $\vec{F_3}$ và $\vec{F_2}$ thì cân bằng với lực $\vec{F_1}$ (Hình 28.7).

Từ đây, có thể thấy hợp lực $\vec{F}$ của hai lực song song trái chiều $\vec{F_3}$ và $\vec{F_2}$ có các đặc điểm sau :

– Song song và cùng chiều với lực thành phần có độ lớn lớn hơn lực thành phần kia ($\vec{F_3}$)

– Có độ lớn bằng hiệu độ lớn của hai lực thành phần

$$F = F_3 - F_2$$

– Giá của hợp lực nằm trong mặt phẳng của hai lực thành phần, khoảng cách giữa giá của hợp lực với giá của hai lực thành phần tuân theo công thức

$$\frac{d'_2}{d'_3} = \frac{F_3}{F_2}$$

Khoảng cách d giữa giá của hai lực thành phần được chia ngoài theo tỉ lệ nghịch với độ lớn của hai lực ấy.

5. Ngẫu lực

Xét một hệ hai lực $\vec{F_1}$ và $\vec{F_2}$ song song ngược chiều, có cùng độ lớn F, tác dụng lên một vật (Hình 28.8). Áp dụng quy tắc ở mục 4, ta không thể



Hình 28.8
Ngẫu lực có momen $M = Fd$ với

$F = |\vec{F_1}| = |\vec{F_2}|$

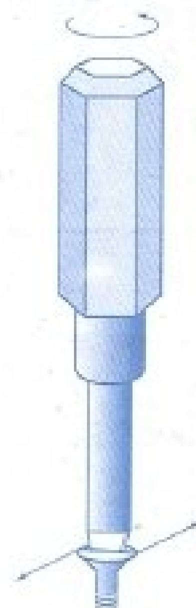
tìm được hợp lực của hai lực này. Nói cách khác không thể tìm được một lực duy nhất có tác dụng giống như hai lực này. Hệ hai lực này gọi là *ngẫu lực*.

Ngẫu lực có tác dụng làm cho vật rắn quay. Ví dụ, để vặn đinh ốc, ta dùng tuanơvit tác dụng ngẫu lực lên đinh ốc (Hình 28.9).

Để đặc trưng cho tác dụng làm quay của ngẫu lực, người ta dùng đại lượng gọi là momen của ngẫu lực. Momen M của ngẫu lực bằng tích của độ lớn F của một lực và khoảng cách d giữa hai giá của hai lực

$$M = Fd$$

Đơn vị của momen ngẫu lực là N.m.



Hình 28.9
Tuanơvit làm xoay đinh ốc.

CÂU HỎI

1. Phát biểu quy tắc tổng hợp hai lực song song cùng chiều.
2. Điều kiện cân bằng của một vật chịu tác dụng của ba lực song song là gì ?
3. Tìm hợp lực của một hệ lực song song, trong đó ba lực cùng chiều và hai lực hướng theo chiều ngược lại.

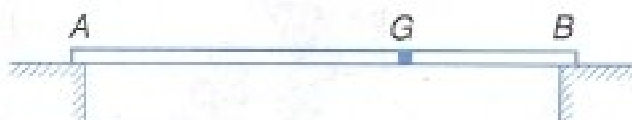
BÀI TẬP

1. Hãy xác định trọng tâm của một bản mỏng, đồng chất, hình chữ nhật, dài 12 cm, rộng 6 cm, bị cắt mất một mẩu hình vuông có cạnh 3 cm (Hình 28.10).



Hình 28.10

2. Một tấm ván nặng 240 N được bắc qua một con mương. Trọng tâm của tấm ván cách điểm tựa A một khoảng là 2,4 m và cách điểm tựa B một khoảng là 1,2 m (Hình 28.11). Hãy xác định các lực mà tấm ván tác dụng lên hai bờ mương.



Hình 28.11

3. Một người gánh hai thúng, một thúng gạo nặng 300 N, một thúng ngô nặng 200 N. Đòn gánh dài 1,5 m. Hỏi vai người ấy phải đặt ở điểm nào để đòn gánh cân bằng và vai chịu một lực bằng bao nhiêu ? Bỏ qua trọng lượng của đòn gánh.

29 MOMEN CỦA LỰC
ĐIỀU KIỆN CÂN BẰNG CỦA MỘT VẬT RẮN CÓ TRỤC QUAY CỐ ĐỊNH



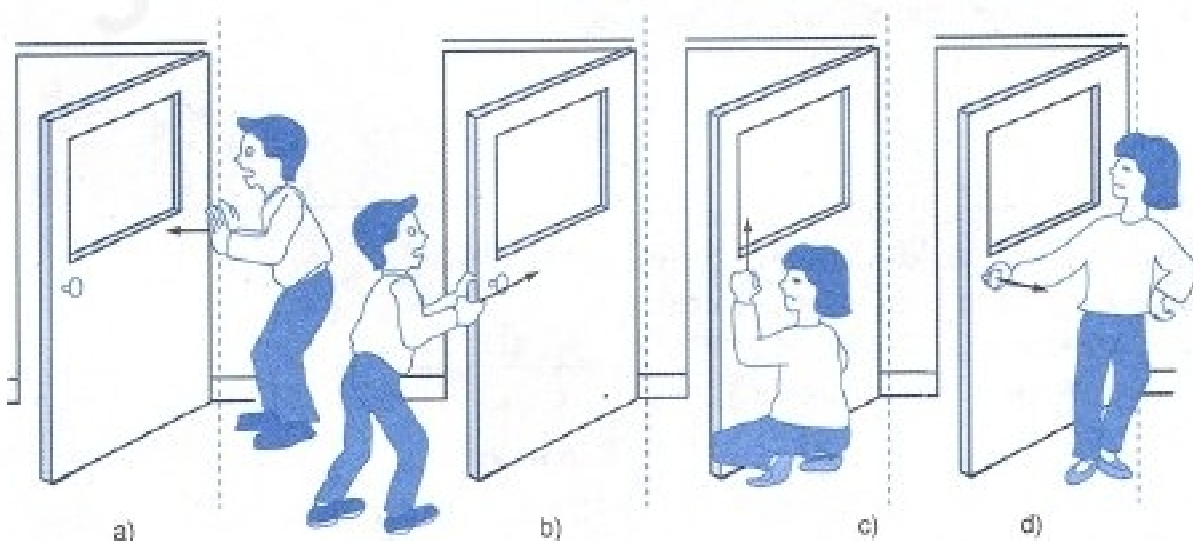
"Hãy cho tôi một điểm tựa, tôi sẽ nâng cả Trái Đất lên"

Ác-si-mét (Archimedes,
người Hi Lạp, 287 – 216 trước Công nguyên)

1. Nhận xét về tác dụng của một lực lên một vật rắn có trục quay cố định

Cánh cửa ra vào, cánh cửa sổ của lớp học là những vật có trục quay cố định. Các bản lề của cửa tạo thành một trục quay. Lấy tay đẩy cửa theo những chiều khác nhau với những lực có cùng độ lớn, ta nhận thấy cửa chịu những tác động khác nhau.

• Các lực có giá song song với trục quay (Hình 29.1c) hoặc cắt trục quay (Hình 29.1a và b) thì không có tác dụng làm quay cánh cửa.



Hình 29.1 Tác dụng những lực khác nhau có cùng độ lớn lên cánh cửa. Chỉ riêng ở trường hợp d, lực làm quay cánh cửa.

• Các lực có phương vuông góc với cửa và có giá càng xa trục quay thì tác dụng làm quay cửa càng mạnh (Hình 29.2).

Như vậy, tác dụng làm quay của một lực lên vật rắn có trục quay cố định từ trạng thái đứng yên không những phụ thuộc độ lớn của lực mà còn phụ thuộc khoảng cách từ trục quay tới giá (gọi là cánh tay đòn) của lực.

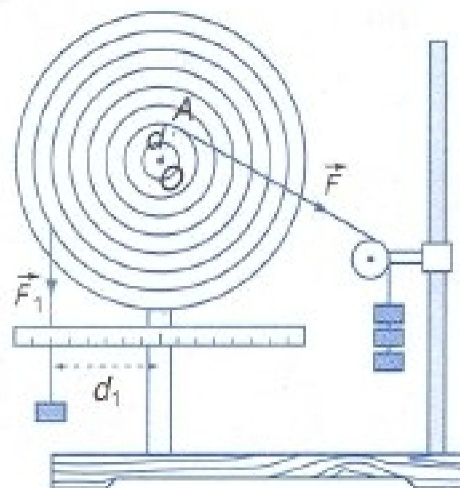


Hình 29.2 Chú bé đang giữ không cho bố của chú đóng cửa lại

2. Momen của lực đối với một trục quay

a) Thí nghiệm

Dụng cụ được bố trí như Hình 29.3. Đĩa tròn A có trục quay nằm ngang đi qua tâm O. Trên mặt đĩa có vạch những vòng tròn đồng tâm với bán kính tăng dần từng xentimét một và có những lỗ nhỏ để cắm các que nhỏ buộc dây treo các quả cân. Các lực do quả cân ở đầu các dây treo vắt qua ròng rọc tác dụng lên đĩa đều có phương song song với mặt đĩa, tức là nằm trong mặt phẳng vuông góc với trục quay O.



Hình 29.3 Thí nghiệm cân bằng của đĩa có trục quay cố định

Bố trí lực $\vec{F}$ và $\vec{F_1}$ như ở Hình 29.3, khi đó đĩa tròn A cân bằng, ta thấy rằng :

$$F_1d_1 = Fd$$

Nếu chỉ riêng lực $\vec{F}$ tác dụng lên đĩa A thì đĩa quay theo chiều kim đồng hồ. Nếu chỉ riêng lực $\vec{F_1}$ tác dụng, thì đĩa quay theo chiều ngược lại. Cả hai lực $\vec{F}$ và $\vec{F_1}$ tác dụng đồng thời thì đĩa cân bằng. Khi ấy *tác dụng làm quay đĩa của hai lực bằng nhau* và ngược nhau.

Lực $\vec{F}$ có độ lớn $F = 300$ N, tay đòn $d = 2$ cm.

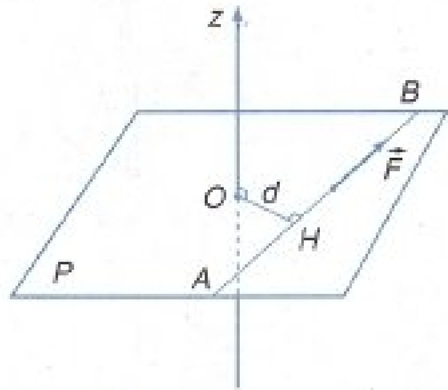
$$Fd = 300.0,02 = 6 \text{ N.m.}$$

Lực $\vec{F_1}$ có độ lớn $F_1 = 100$ N, tay đòn $d_1 = 6$ cm.

$$F_1d_1 = 100.0,06 = 6 \text{ N.m.}$$

Momen của lực còn được gọi tắt là *momen lực*.

Lực không nằm trong một mặt phẳng vuông góc với trục quay cũng có momen đối với trục quay, nhưng định nghĩa phức tạp, vượt ra ngoài chương trình lớp 10.



Hình 29.4 Cánh tay đòn là khoảng cách d từ trục Oz đến giá của lực F

- Oz : trục quay.
- AB : giá của lực $\vec{F}$.
- Mặt phẳng P chứa O và AB vuông góc với trục quay Oz.
- $d = OH$ là khoảng cách từ O đến đường thẳng AB, cũng là khoảng cách từ trục Oz đến giá của lực $\vec{F}$.

Thay lực $\vec{F_1}$ bằng một lực $\vec{F_2}$ khác có khuynh hướng làm cho đĩa A quay ngược chiều kim đồng hồ và có tay đòn d_2, ta cũng thấy rằng khi đĩa cân bằng thì $F_2d_2 = Fd$.

b) Momen của lực

Qua nhiều lần thực hiện thí nghiệm trên, có thể kết luận rằng đại lượng Fd đặc trưng cho tác dụng làm quay đĩa A của lực F và gọi là momen của lực.

Xét một lực $\vec{F}$ nằm trong mặt phẳng vuông góc với trục quay Oz. Momen của lực $\vec{F}$ đối với trục quay là đại lượng đặc trưng cho tác dụng làm quay của lực quanh trục ấy và được đo bằng tích độ lớn của lực với cánh tay đòn

$$M = Fd$$

Cánh tay đòn d (còn gọi là tay đòn) là khoảng cách từ trục quay tới giá của lực (Hình 29.4).

Đơn vị momen của lực trong hệ SI là *niutơn mét*, kí hiệu là N.m.

3. Điều kiện cân bằng của một vật rắn có trục quay cố định (còn gọi là quy tắc momen)

Từ thí nghiệm trên, ta suy ra :

Muốn cho một vật rắn có trục quay cố định nằm cân bằng thì tổng momen của các lực có khuynh hướng làm vật quay theo một chiều phải bằng tổng momen của các lực có khuynh hướng làm vật quay theo chiều ngược lại.

C1 Khoảng cách từ trục quay tới giá của lực và khoảng cách từ điểm đặt của lực tới trục quay có phải là một không ?

C2 Dựa vào quy tắc momen, hãy lí giải hiện tượng hai người đẩy cửa ở Hình 29.2.

Nếu ta quy ước momen lực làm vật quay ngược chiều kim đồng hồ có giá trị dương, cùng chiều kim đồng hồ có giá trị âm, thì ta có thể viết điều kiện trên dưới dạng đại số sau đây :

$$M_1 + M_2 + ... = 0$$

trong đó M_1, M_2,... là momen của tất cả các lực đặt lên vật.



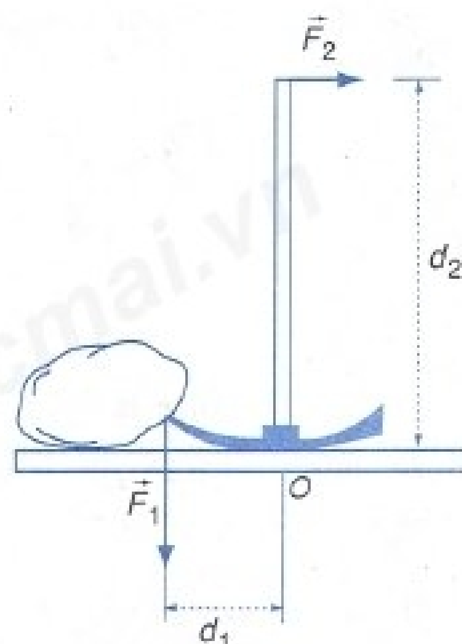
Hình 29.5 Cân thăng bằng

4. Ứng dụng

a) *Cân đĩa* gồm đòn cân, ở chính giữa đòn gắn với một điểm tựa gọi là dao cân, dao tì lên một đế lõm nhỏ và là trục quay, hai đĩa cân treo ở hai đầu của đòn cân. Khi cân thăng bằng, trọng lượng của vật (đặt trong một đĩa cân) bằng trọng lượng của quả cân (đặt trong đĩa kia) (Hình 29.5).

b) Quy tắc momen lực còn được áp dụng cho cả trường hợp một vật không có trục quay cố định. Chẳng hạn, ta hãy xét một chiếc cuốc chim đang được dùng để bẩy một tảng đá (Hình 29.6). Ở tư thế như trên hình vẽ, trục quay tạm thời là trục nằm ngang đi qua điểm tiếp xúc O giữa cuốc và mặt đất. Áp dụng quy tắc momen cho cuốc chim, ta có :

$$F_1 d_1 = F_2 d_2$$



Hình 29.6 Cuốc chim bẩy tảng đá

CÂU HỎI

1. Khi nào một lực tác dụng vào một vật có trục quay cố định mà không làm cho vật quay ?
2. Nêu định nghĩa momen của một lực nằm trong mặt phẳng vuông góc với trục quay.
3. Điều kiện cân bằng của một vật có trục quay cố định là gì ?
4. Chứng tỏ rằng momen của một ngẫu lực thì bằng tổng đại số momen của từng lực hợp thành ngẫu lực đối với một trục bất kì vuông góc với mặt phẳng của ngẫu lực.

BÀI TẬP

1. Ở trường hợp nào sau đây, lực có tác dụng làm cho vật rắn quay quanh trục ?

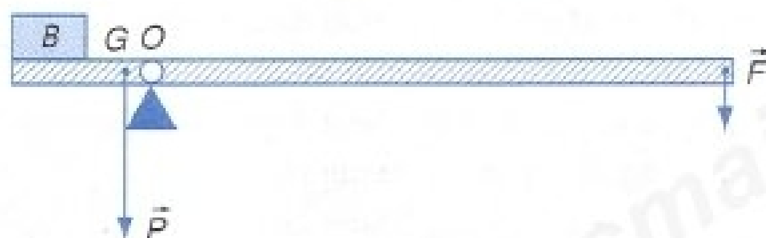
   A. Lực có giá nằm trong mặt phẳng vuông góc với trục quay và cắt trục quay.

   B. Lực có giá song song với trục quay.

   C. Lực có giá cắt trục quay.

   D. Lực có giá nằm trong mặt phẳng vuông góc với trục quay và không cắt trục quay.

2. Một thanh chắn đường dài 7,8 m, có trọng lượng 210 N và có trọng tâm cách đầu bên trái 1,2 m (Hình 29.7). Thanh có thể quay quanh một trục nằm ngang ở cách đầu bên trái 1,5 m. Hỏi phải tác dụng vào đầu bên phải một lực bằng bao nhiêu để giữ thanh ấy nằm ngang ?

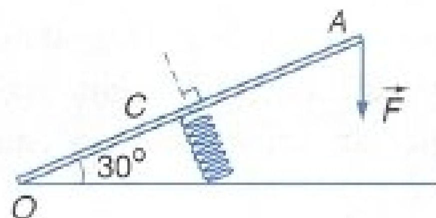


Hình 29.7

3. Một chiếc búa đinh dùng để nhổ một chiếc đinh (Hình 29.8). Hãy vẽ trục quay của búa, các lực của tay và của đinh tác dụng vào búa và các tay đòn của hai lực đó.



Hình 29.8



Hình 29.9

4. Thanh OA có khối lượng không đáng kể, có chiều dài 20 cm, quay dễ dàng quanh trục nằm ngang O. Một lò xo gắn vào điểm giữa C. Người ta tác dụng vào đầu A của thanh một lực $F = 20$ N hướng thẳng đứng xuống dưới (Hình 29.9). Khi thanh ở trạng thái cân bằng, lò xo có phương vuông góc với OA, và OA làm thành một góc $\alpha = 30^{\circ}$ so với đường nằm ngang.

   a) Tính phản lực N của lò xo vào thanh.

   b) Tính độ cứng k của lò xo, biết lò xo ngắn đi 8 cm so với lúc không bị nén.

Em có biết ?

VÒM CỔNG

Cổng làng, cổng đình chùa thường được xây dựng theo cấu trúc vòm bằng gạch xếp lại hình vòng cung gọi là xây cuốn. Vòm cổng có dáng đẹp lại chắc chắn mà không cần có thanh dầm đỡ ở dưới.

Kiểu xây cuốn đơn giản nhất như ở Hình 29.10. Các viên đá được đẽo gọt vuông vức xếp thành hình vòm. Cổng Cửa Bắc Thành cổ Hà Nội được xây kiểu cuốn (Hình 29.11). Hãy thử phân tích các lực tác dụng lên viên đá nằm chính giữa vòm cổng khi chưa trát vữa.



Hình 29.10



Hình 29.11 Cửa Bắc Thành cổ Hà Nội

30 Thực hành : TỔNG HỢP HAI LỰC

1. Mục đích

– Kiểm nghiệm lại quy tắc tổng hợp hai lực đồng quy và quy tắc tổng hợp hai lực song song cùng chiều.

– Rèn luyện kĩ năng sử dụng lực kế.

2. Cơ sở lí thuyết

– *Tổng hợp hai lực đồng quy*

Việc tổng hợp hai lực đồng quy được thực hiện theo quy tắc hình bình hành. Trong thí nghiệm này, ta cho hai lực $\vec{F_1}$ và $\vec{F_2}$ cùng tác dụng vào một điểm của vật và áp dụng quy tắc hình bình hành để xác định hợp lực. Sau đó, tiến hành thí nghiệm để kiểm tra lại kết quả.

– *Tổng hợp hai lực song song cùng chiều*

Hợp lực của hai lực $\vec{F_1}$ và $\vec{F_2}$ song song cùng chiều tác dụng vào một vật là một lực song song cùng chiều với hai lực, có độ lớn $R = F_1 + F_2$ và điểm đặt được xác định theo công thức $\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}$. Trong thí nghiệm này, ta cho hai lực $\vec{F_1}$ và $\vec{F_2}$ cùng tác dụng vào một vật, áp dụng các công thức trên để xác định độ lớn và điểm đặt của hợp lực. Sau đó, tiến hành thí nghiệm để kiểm tra lại kết quả.

3. Phương án thí nghiệm

a) Tổng hợp hai lực đồng quy

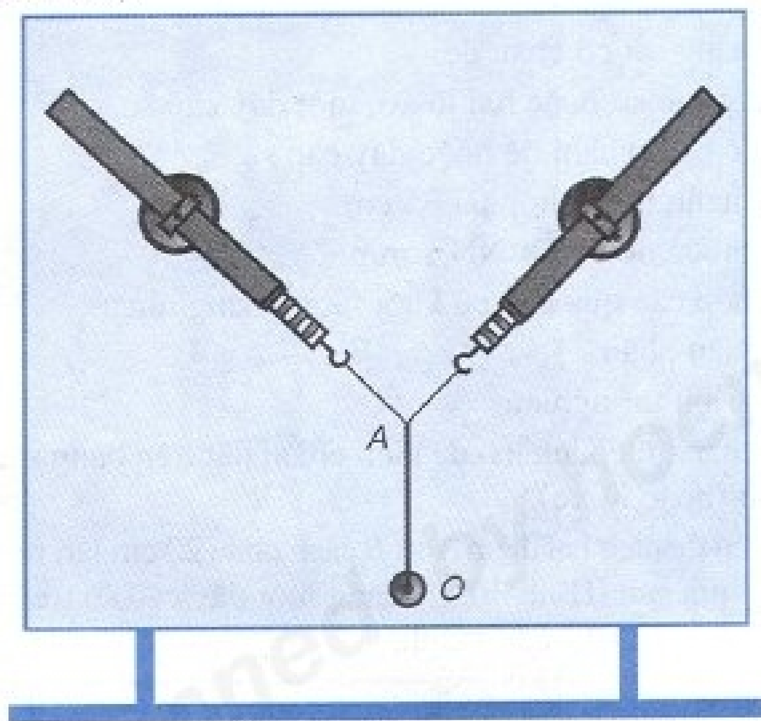
– Dụng cụ thí nghiệm

- Một bảng sắt có chân đế.
- Hai lực kế ống.
- Hai vòng kim loại có đế nam châm để lồng lực kế.
- Một dây cao su và một dây chỉ bền.
- Một đế nam châm để buộc dây cao su.
- Một thước đo có ĐCNN 1mm.
- Một viên phấn.

– Tiến trình thí nghiệm

• Buộc đầu O của dây cao su vào đế nam châm được đặt gần điểm giữa cạnh dưới của bảng sắt, còn đầu kia của dây cao su được thắt vào giữa một dây chỉ bền. Hai đầu dây chỉ này được buộc vào móc của hai lực kế ống đã được lồng vào vòng kim loại có đế nam châm.

• Đặt hai lực kế theo hai phương tạo với nhau một góc nào đó sao cho dây cao su nằm song song với mặt bảng và dãn ra đến vị trí A (Hình 30.1).



Hình 30.1 Tổng hợp hai lực đồng quy

• Đánh dấu trên bảng sắt hình chiếu A' của A và phương của hai lực $\vec{F_1}$, $\vec{F_2}$ do hai lực kế tác dụng vào dây cao su. Đọc và ghi vào bảng số liệu số chỉ của các lực kế.

• Biểu diễn các vectơ $\vec{F_1}$ và $\vec{F_2}$ lên bảng sắt theo cùng một tỉ lệ xích chọn trước.

• Vẽ lên bảng sắt hình bình hành có hai cạnh là hai vectơ lực $\vec{F_1}$, $\vec{F_2}$ và đường chéo hình bình hành biểu diễn hợp lực $\vec{R}$. Dùng thước đo chiều dài l của đường chéo biểu diễn $\vec{R}$ để từ đó, tính giá trị R theo tỉ lệ xích đã chọn. Ghi vào bảng số liệu các giá trị l và R.

• Dùng một lực kế kéo dây cao su sao cho dây cao su nằm song song với mặt bảng và cũng dãn đến vị trí A. Đọc trên lực kế và ghi vào bảng số liệu giá trị của hợp lực R_1.

Lặp lại bước thí nghiệm này thêm hai lần để tìm và ghi vào bảng số liệu các giá trị R_2, R_3 tương ứng.

Tính và ghi vào bảng số liệu $\overline{R}$, $\overline{\Delta R}$.

• So sánh kết quả đo R vừa tiến hành với kết quả xác định R theo quy tắc hình bình hành và rút ra kết luận.

• Lặp lại tiến trình thí nghiệm với cặp lực $\vec{F_1}$ và $\vec{F_2}$ có độ lớn và phương khác.

b) Tổng hợp hai lực song song cùng chiều

– Dụng cụ thí nghiệm

• Một bảng sắt có chân đế.

• Ba dây cao su hoặc hai lò xo, một dây cao su.

• Hai đế nam châm để buộc dây cao su.

• Một thanh thép nhỏ, dài 35 cm.

• Một thước đo có ĐCNN 1 mm.

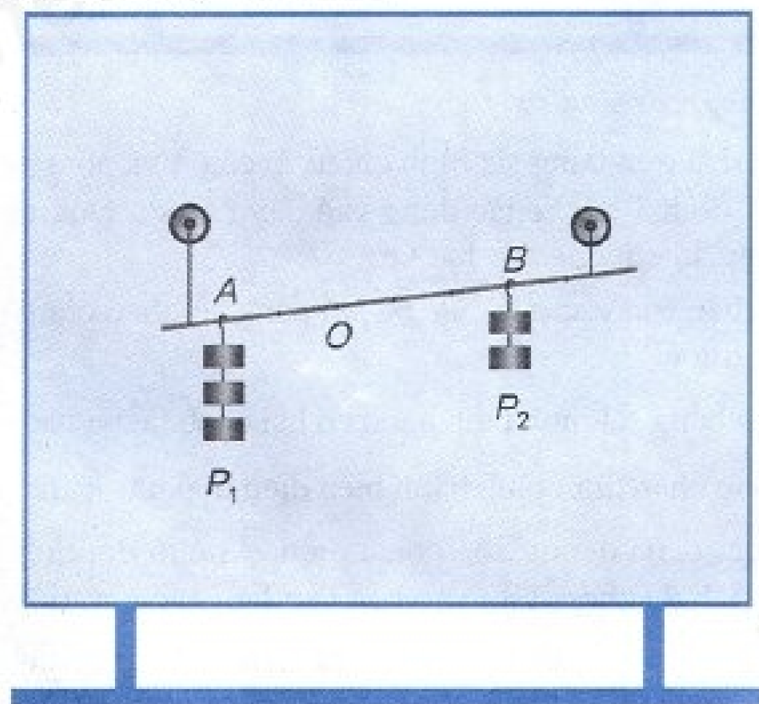
• Một hộp các quả cân có khối lượng bằng nhau.

• Một viên phấn.

– Tiến trình thí nghiệm

• Treo thanh thép lên hai đế nam châm đặt trên bảng sắt nhờ hai dây cao su (hoặc lò xo).

• Móc lên thanh ở hai điểm A và B cách nhau 20 cm lần lượt ba quả cân và hai quả cân (Hình 30.2). Căng một dây cao su trên bảng sắt để đánh dấu vị trí này của thanh.



Hình 30.2 Tổng hợp hai lực song song cùng chiều

• Vẽ thanh và hai lực $\vec{P_1}$, $\vec{P_2}$ do các quả cân tác dụng lên thanh ở hai điểm A, B lên bảng sắt. Áp dụng các công thức của quy tắc hợp lực song song cùng chiều để xác định độ lớn và điểm đặt O (độ dài a của đoạn OA) của hợp lực $\vec{P}$. Ghi các giá trị P và a vào bảng số liệu.

• Móc năm quả cân vào một điểm nào đó trong khoảng AB sao cho thanh có vị trí trùng với vị trí đã được đánh dấu bằng dây cao su. Đo và ghi vào bảng số liệu độ dài a_1 từ điểm đó tới A.

Lặp lại bước thí nghiệm này thêm hai lần để tìm và ghi vào bảng số liệu các độ dài a_2, a_3 tương ứng.

Tính $\overline{a}$ và $\overline{\Delta a}$.

• So sánh vị trí của điểm đặt hợp lực tìm được ở bước thí nghiệm này với vị trí của điểm đặt hợp lực được xác định bằng tính toán ở trên.

• Lặp lại tiến trình thí nghiệm cho trường hợp móc lên thanh ở A một quả cân, ở B ba quả cân và AB = 16 cm.

4. Báo cáo thí nghiệm

a) Mục đích thí nghiệm

b) Cơ sở lí thuyết

c) Kết quả thí nghiệm

– Tổng hợp hai lực đồng quy

Thí nghiệm	F_1 (N)	F_2 (N)	Tỉ lệ xích	$\vec{R}$ (từ vẽ hình)		$\vec{R}$ (từ thí nghiệm)					
				l (mm)	R (N)	R_1	R_2	R_3	$\overline{R}$	$\overline{\Delta R}$	$R = \overline{R} \pm \overline{\Delta R}$
1			1 mm ứng với ... N								
2			1 mm ứng với ... N								

So sánh các giá trị của R được xác định bằng cách áp dụng quy tắc hình bình hành với các giá trị của R đo được bằng lực kế trong hai thí nghiệm và rút ra kết luận.

– Tổng hợp hai lực song song cùng chiều

Thí nghiệm	P_1 (N)	P_2 (N)	$\vec{P}$ (từ tính toán)		$\vec{P}$ (từ thí nghiệm)						
			P (N)	Độ dài a của đoạn OA (mm)	P (N)	Độ dài a của đoạn OA (mm)					
						a_1	a_2	a_3	$\overline{a}$	$\overline{\Delta a}$	$a = \overline{a} \pm \overline{\Delta a}$
1											
2											

So sánh các kết quả hợp lực $\vec{P}$ thu được bằng tính toán và bằng thí nghiệm trong hai thí nghiệm, rút ra kết luận.

TÓM TẮT CHƯƠNG III

Chủ đề	Ý chính
Điều kiện cân bằng của vật rắn (ĐKCBCVR) **Quy tắc hợp hai lực (QTHHL) $\vec{F_1}$ và $\vec{F_2}$** **Trọng tâm** **Momen lực** **Ngẫu lực**	**ĐKCBCVR dưới tác dụng của hai lực :** Hai lực cân bằng (cùng giá, cùng độ lớn, ngược chiều, cùng đặt vào vật). **ĐKCBCVR dưới tác dụng của ba lực :** Hợp lực của hai lực bất kì cân bằng với lực thứ ba $\vec{F_1} + \vec{F_2} + \vec{F_3} = \vec{0}$ • Nếu ba lực không song song, chúng phải đồng phẳng và đồng quy. • Nếu ba lực song song thì phải đồng phẳng

ĐKCBCVR dưới tác dụng của trọng lực và có giá đỡ nằm ngang : Đường thẳng đứng đi qua trọng tâm gặp mặt chân đế.

ĐKCBCVR có trục quay cố định : Tổng đại số momen các lực đối với trục quay bằng 0

$$M_1 + M_2 + ... = 0$$

QTHHL đồng quy (quy tắc hình bình hành) : Hợp lực là đường chéo hình bình hành mà hai cạnh là $\vec{F_1}$ và $\vec{F_2}$

QTHHL song song cùng chiều : Hợp lực song song cùng chiều, độ lớn bằng tổng $F_1 + F_2$, giá hợp lực *chia trong* khoảng cách theo tỉ lệ nghịch $F_1d_1 = F_2d_2$.

QTHHL song song ngược chiều : Hợp lực song song cùng chiều với lực lớn, độ lớn bằng hiệu $|F_1 - F_2|$, giá hợp lực *chia ngoài* khoảng cách theo tỉ lệ nghịch $F_1d_1 = F_2d_2$.

Trọng tâm của vật rắn là điểm đặt của trọng lực tác dụng lên vật.

Momen của lực $\vec{F}$ đối với một trục quay vuông góc với mặt phẳng chứa lực là đại lượng đặc trưng cho tác dụng làm quay của lực và có giá trị bằng tích độ lớn của lực và khoảng cách d giữa trục quay và giá của lực $M = Fd$.

Ngẫu lực là hệ hai lực song song trái chiều có độ lớn bằng nhau. Ngẫu lực có tác dụng làm quay vật, tác dụng này đặc trưng bằng momen $M = Fd$; trong đó F là độ lớn của mỗi lực, d là khoảng cách giữa hai giá của lực.

CHƯƠNG IV

Các định luật bảo toàn



Đập thuỷ điện Hoà Bình

Hồ chứa nước Hoà Bình có chiều dài 230 km, rộng bình quân 1 km, sâu 50 m, dung tích 9,5 tỉ mét khối nước. Đập chính của hồ cao 128 m, rộng 20 m, đỉnh đập dài 640 m. Đập tràn dài 500 m, rộng 106 m, có 12 cửa xả đáy, 6 cửa xả mặt, có thể xả tối đa 35 400 m^3/s. Hồ chứa nước cung cấp nước cho nhà máy thuỷ điện, trong một năm các tuabin đã chuyển thế năng của nước thành 8,16 tỉ kW.h điện năng.

Chương này trình bày về những đại lượng cơ học : động lượng, công - công suất, động năng, thế năng, cơ năng, đồng thời thiết lập định luật bảo toàn động lượng, định luật bảo toàn cơ năng và vận dụng hai định luật này vào việc khảo sát một số chuyển động cơ.

31 ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN ĐỘNG LƯỢNG

1. Hệ kín

Khi nghiên cứu chuyển động của các vật dưới tác dụng của lực, có thể xét từng vật riêng rẽ, nhưng cũng có thể xét nhiều vật hợp thành hệ. Mỗi vật trong hệ có thể chịu tác dụng của nhiều lực, từ các vật bên trong hệ và cả từ các vật bên ngoài hệ. Bài toán sẽ đơn giản hơn, nếu hệ mà ta khảo sát là *hệ kín* hay *hệ cô lập*.

Một hệ vật gọi là hệ kín nếu chỉ có những lực của các vật trong hệ tác dụng lẫn nhau (gọi là nội lực) mà không có tác dụng của những lực từ bên ngoài hệ (gọi là ngoại lực), hoặc nếu có thì những lực này phải triệt tiêu lẫn nhau. Ta nhớ lại, các nội lực từng đôi trực đối nhau theo định luật III Niu-tơn.

Trong thực tế, trên Trái Đất khó có thể thực hiện được một hệ tuyệt đối kín vì không thể nào triệt tiêu hoàn toàn lực ma sát và các lực cản khác. Hệ gồm vật và Trái Đất cũng chỉ gần đúng là hệ kín vì vẫn luôn tồn tại các lực hấp dẫn từ các thiên thể trong vũ trụ tác dụng lên hệ. Trong các hiện tượng như nổ, va chạm, các nội lực xuất hiện thường rất lớn so với ngoại lực thông thường, nên hệ vật có thể coi gần đúng là kín trong thời gian ngắn xảy ra hiện tượng.

2. Các định luật bảo toàn

Khi giải các bài toán cơ học, ta đã quen với phương pháp động lực học, tức là vận dụng các định luật Niu-tơn. Ngoài ra, còn có một phương pháp khác, đó là dùng các *định luật bảo toàn*.

Khảo sát các hệ kín, người ta thấy có một số đại lượng vật lí đặc trưng cho trạng thái của hệ được *bảo toàn*, nghĩa là chúng *có giá trị không đổi theo thời gian*. Cụ thể là, một đại lượng vật lí nào đó thuộc mỗi phần của hệ kín có thể biến đổi do tương tác với các phần khác trong nội bộ hệ, nhưng tổng của các đại lượng này đối với toàn hệ thì luôn được bảo toàn.

Người ta đã thiết lập được một số định luật bảo toàn đối với hệ kín, trong đó có thể kể những định luật cơ bản nhất như định luật bảo toàn khối lượng, bảo toàn động lượng, bảo toàn năng lượng...

Các định luật bảo toàn có vai trò rất quan trọng trong nghiên cứu vật lí vì chúng có lĩnh vực áp dụng rất rộng rãi.

Trong cơ học cổ điển, một số định luật bảo toàn có thể suy ra từ các định luật Niu-tơn. Tuy nhiên, vật lí học hiện đại có những lĩnh vực mà ở đó các định luật Niu-tơn không áp dụng được, nhưng vẫn tồn tại các định luật bảo toàn. Điều này nói lên tính phổ biến và tổng quát của các định luật bảo toàn.

Các định luật bảo toàn cho ta một phương pháp nghiên cứu mới mà không cần sử dụng các định luật cơ bản quen thuộc của động lực học.

Trong bài này ta nghiên cứu định luật bảo toàn đầu tiên, đó là định luật bảo toàn động lượng.

3. Định luật bảo toàn động lượng

a) Tương tác của hai vật trong một hệ kín

Xét một hệ kín gồm hai vật có khối lượng m_1 và m_2 tương tác với nhau. Ban đầu chúng có vectơ vận tốc lần lượt là $\vec{v}_1$ và $\vec{v}_2$. Sau thời gian tương tác Δt, các vectơ vận tốc biến đổi thành $\vec{v}_1'$ và $\vec{v}_2'$.

Gọi $\vec{F}_1$ là lực do vật 2 tác dụng lên vật 1. Theo định luật II Niu-tơn, ta có :

$$\vec{F}_1 = m_1\vec{a}_1 = m_1\frac{\Delta\vec{v}_1}{\Delta t} = m_1\frac{\vec{v}_1' - \vec{v}_1}{\Delta t}$$

Tương tự, gọi $\vec{F}_2$ là lực do vật 1 tác dụng lên vật 2, ta cũng có :

$$\vec{F}_2 = m_2\vec{a}_2 = m_2\frac{\Delta\vec{v}_2}{\Delta t} = m_2\frac{\vec{v}_2' - \vec{v}_2}{\Delta t}$$

Nhưng theo định luật III Niu-tơn :

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

Vậy :

$$m_1(\vec{v}_1' - \vec{v}_1) = -m_2(\vec{v}_2' - \vec{v}_2)$$

Chuyển vế và biến đổi, ta được :

$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{v}_1' + m_2\vec{v}_2' \qquad (31.1)$$

b) Động lượng

Trong đẳng thức (31.1), xuất hiện một đại lượng có dạng tích $m\vec{v}$ mô tả chuyển động của vật. Vế đầu của đẳng thức là các đại lượng trước tương tác, vế sau là các đại lượng sau tương tác. Người ta định nghĩa :

Động lượng của một vật chuyển động là đại lượng đo bằng tích của khối lượng và vận tốc của vật.

Trong trường hợp các vận tốc trước và sau tương tác đều cùng phương thì có thể thay (31.1) bằng phương trình đại số.

Động lượng là một đại lượng vectơ, có cùng hướng với vectơ vận tốc (vì khối lượng luôn dương) và được kí hiệu là $\vec{p}$:

$$\vec{p} = m\vec{v} \quad (31.2)$$

Đơn vị của động lượng trong hệ SI là kg.m/s.

Ta trở lại biểu thức của định luật II Niu-tơn áp dụng cho một vật khối lượng m chịu tác dụng của lực $\vec{F}$:

$$\vec{F} = m\vec{a} = m\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$$

Vì khối lượng của vật là không đổi nên có thể viết

$$\vec{F} = \frac{\Delta(m\vec{v})}{\Delta t} = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t} \quad (31.5)$$

Định luật II Niu-tơn đầu tiên được viết dưới dạng này và đại lượng $m\vec{v}$ được chính Niu-tơn đặt tên là "lượng của chuyển động".

Hệ thức (31.5) có thể viết thành

$$\vec{F}\Delta t = \Delta\vec{p} \quad (31.5')$$

Tích $\vec{F}\Delta t$ được gọi là *xung lượng của lực* tác dụng trong khoảng thời gian Δt và bằng độ biến thiên động lượng của vật trong thời gian đó.

c) Định luật bảo toàn động lượng

Với định nghĩa (31.2) của động lượng, ta có thể viết lại đẳng thức (31.1) dưới dạng :

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_1' + \vec{p}_2'$$

Có thể mở rộng cho một hệ kín gồm một số bất kì n vật, ta cũng thu được đẳng thức tương tự :

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + ... + \vec{p}_n = \vec{p}_1' + \vec{p}_2' + ... + \vec{p}_n'$$

Ta gọi động lượng của hệ vật là tổng vectơ các động lượng của từng vật (coi như chất điểm) trong hệ :

$$\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + ... \quad (31.3)$$

Định luật bảo toàn động lượng được phát biểu như sau :

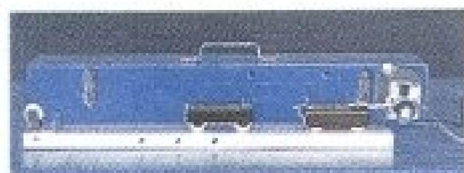
Vectơ tổng động lượng của hệ kín được bảo toàn.

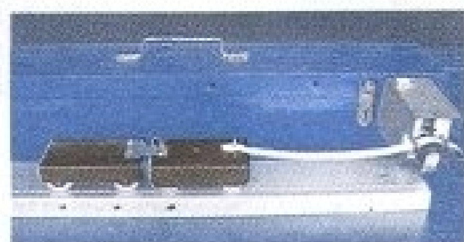
$$\vec{p} = \vec{p}' \quad (31.4)$$

d) Thí nghiệm kiểm chứng

Ta dùng thiết bị thí nghiệm giống như trong bài 3 gồm một máng đặt nằm ngang đã được chỉnh để ma sát có thể coi là không đáng kể, hai xe lăn (có thể thay đổi được khối lượng bằng các gia trọng) được đặt cách nhau một khoảng. Xe 1 có gắn băng giấy luồn qua bộ cần rung dùng để xác định quãng đường đi được trong những khoảng thời gian bằng nhau (Hình 31.1).

Dùng tay đẩy xe 1 chuyển động với vận tốc $\vec{v}_1$ đến va chạm với xe 2 đứng yên ($v_2 = 0$). Lá thép mỏng ở đầu xe 1 sẽ cắm vào cái kẹp ở đầu xe 2 làm cho hai xe gắn chặt vào nhau và cùng chuyển động với vận tốc $\vec{v}'$ theo chiều của $\vec{v}_1$.





Hình 31.1 Thí nghiệm kiểm chứng định luật bảo toàn động lượng

Dùng bộ cần rung đánh dấu vị trí của xe sau những khoảng thời gian bằng nhau $\Delta t = 0{,}02$ s. Đo những khoảng cách giữa các vết mực liên tiếp Δs trước va chạm và $\Delta s'$ sau va chạm, ta xác nhận được các chuyển động trước và sau va chạm đều là chuyển động đều với các vận tốc tương ứng là $v_1 = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ và $v' = \frac{\Delta s'}{\Delta t}$.

Ta hãy tính động lượng mv cho từng xe và cả hệ, sau đó so sánh các giá trị trước và sau va chạm. Thí nghiệm được tiến hành trong ba trường hợp khác nhau với sai số trung bình của vận tốc là 0,02 m/s (vận tốc trung bình được tính sau một số khoảng thời gian Δt bằng nhau).

Bảng 1 thống kê các kết quả của một thí nghiệm đã thực hiện.

Bảng 1

Thí nghiệm	Trước va chạm				Sau va chạm			
	Xe 1		Xe 2		Xe 1		Xe 2	
	v_1 (m/s)	m_1v_1 (kg.m/s)	v_2 (m/s)	m_2v_2 (kg.m/s)	v' (m/s)	m_1v' (kg.m/s)	v' (m/s)	m_2v' (kg.m/s)
Lần 1 $m_1 = m_2 = 0{,}16$ kg	0,90	0,16.0,90	0	0	0,45	0,16.0,45	0,45	0,16.0,45
Lần 2 $m_1 = 0{,}32$ kg $m_2 = 0{,}16$ kg	0,80	0,32.0,80	0	0	0,52	0,32.0,52	0,52	0,16.0,52
Lần 3 $m_1 = 0{,}16$ kg $m_2 = 0{,}32$ kg	0,98	0,16.0,98	0	0	0,32	0,16.0,32	0,32	0,32.0,32

Trong phạm vi sai số, ta nhận thấy trong tất cả các lần thí nghiệm, kết quả sau đây được nghiệm đúng :

$$m_1v_1 = m_1v' + m_2v' = (m_1 + m_2)v'$$

Kết quả này cho ta nghiệm lại định luật bảo toàn động lượng áp dụng cho trường hợp đơn giản : hệ kín gồm hai vật tương tác, trong đó có một vật ban đầu đứng yên.

CÂU HỎI

1. Thế nào là hệ kín ? Cho ví dụ.
2. Định nghĩa động lượng của một vật, của một hệ vật. Chứng tỏ các hệ thức $\vec{F} = m\vec{a}$ và $\vec{F} = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}$ là tương đương. Cho biết ý nghĩa của khái niệm xung lượng của lực.
3. Phát biểu định luật bảo toàn động lượng và viết phương trình cho trường hợp hệ hai vật.
4. Từ phương trình (31.5') suy ra rằng đơn vị động lượng trong hệ SI còn có thể đo bằng N.s. Bằng cách thay đơn vị niutơn bằng biểu thức của nó, hãy chứng tỏ rằng hai đơn vị khác nhau của động lượng là kg.m/s và N.s, thực chất chỉ là một.
5. Trong bóng đá, khi người thủ môn bắt một quả bóng sút rất căng, người đó phải làm động tác kéo dài thời gian bóng chạm tay mình (thu bóng vào bụng). Hãy giải thích tại sao.

BÀI TẬP

1. Đơn vị của động lượng là gì ?

   A. kg.m.s^2. B. kg.m.s. C. kg.m/s. D. kg/m.s.

2. Một quả bóng khối lượng m đang bay ngang với vận tốc v thì đập vào một bức tường và bật trở lại với cùng vận tốc. Độ biến thiên động lượng của quả bóng là bao nhiêu ?

   A. mv. B. $-mv$. C. $2mv$. D. $-2mv$.

3. Hai vật có khối lượng $m_1 = 1$ kg và $m_2 = 3$ kg chuyển động với các vận tốc $v_1 = 3$ m/s và $v_2 = 1$ m/s. Tìm tổng động lượng (phương, chiều, độ lớn) của hệ trong các trường hợp :

   a) $\vec{v}_1$ và $\vec{v}_2$ cùng hướng. b) $\vec{v}_1$ và $\vec{v}_2$ cùng phương, ngược chiều.

   c) $\vec{v}_1$ vuông góc với $\vec{v}_2$. d) $\vec{v}_1$ hợp với $\vec{v}_2$ góc 120°.

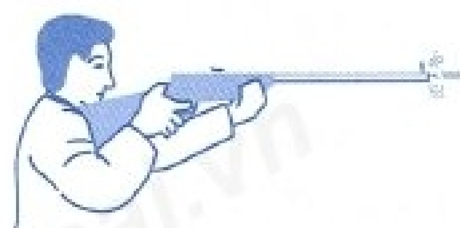
4. Giải lại bài tập 1 ở bài 16 bằng cách áp dụng định luật bảo toàn động lượng.
5. Một quả cầu rắn có khối lượng $m = 0,1$ kg chuyển động với vận tốc $v = 4$ m/s trên mặt phẳng nằm ngang. Sau khi va vào một vách cứng, nó bị bật trở lại với cùng vận tốc 4 m/s. Hỏi độ biến thiên động lượng của quả cầu sau va chạm bằng bao nhiêu ? Tính xung lực (hướng và độ lớn) của vách tác dụng lên quả cầu nếu thời gian va chạm là 0,05 s.
6. Bắn một hòn bi thép với vận tốc v vào một hòn bi thuỷ tinh đang nằm yên. Sau khi va chạm, hai hòn bi cùng chuyển động về phía trước, nhưng bi thuỷ tinh có vận tốc gấp 3 lần vận tốc của bi thép. Tìm vận tốc của mỗi hòn bi sau va chạm. Biết khối lượng bi thép bằng 3 lần khối lượng bi thuỷ tinh.
7. Một người có khối lượng 60 kg thả mình rơi tự do từ một cầu nhảy ở độ cao 3 m xuống nước và sau khi chạm mặt nước được 0,55 s thì dừng chuyển động. Tìm lực cản mà nước tác dụng lên người.

32 CHUYỂN ĐỘNG BẰNG PHẢN LỰC
BÀI TẬP VỀ ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN ĐỘNG LƯỢNG

Khi học về lực ma sát (chương II) ta đã thấy mọi chuyển động của người, vật trên mặt đất hoặc tàu, thuyền trên nước đều thực hiện được nhờ có phản lực của mặt đất hoặc nước (tuân theo định luật III Niu-tơn). Trong mục này, ta sẽ tìm hiểu khái niệm chuyển động bằng phản lực theo một ý nghĩa khác.

1. Nguyên tắc chuyển động bằng phản lực

Trong một hệ kín đứng yên, nếu có một phần của hệ chuyển động theo một hướng, thì theo định luật bảo toàn động lượng, phần còn lại của hệ phải chuyển động theo hướng ngược lại. Chuyển động theo nguyên tắc như thế được gọi là *chuyển động bằng phản lực*.



Hình 32.1 Người bắn súng

C1 Khi ta bước từ một thuyền nhỏ lên bờ thì thuyền lùi lại. Hãy giải thích.

Ta hãy quan sát một người bắn súng đang giữ nằm ngang một khẩu súng trường và ngắm bắn (Hình 32.1). Sau khi người bóp cò, viên đạn bay ra khỏi nòng, ta thấy khẩu súng tì trên vai người bị giật về phía sau.

Chuyển động giật lùi của súng khi bắn được gọi là chuyển động bằng phản lực. Nguyên tắc của chuyển động bằng phản lực được ứng dụng rộng rãi trong đời sống và kĩ thuật, đặc biệt quan trọng trong việc chế tạo động cơ phản lực và tên lửa.

Hiện tượng súng giật được lợi dụng để khởi động bộ phận đẩy vỏ đạn (đã bắn) ra ngoài và đưa viên đạn mới vào nòng (súng bắn liên thanh). Tuy nhiên, có loại súng khi bắn mà súng vẫn không bị giật lùi. Một súng thuộc loại đó là súng SKZ (súng không giật) do kĩ sư Anh hùng Lao động Trần Đại Nghĩa sáng chế trong thời kì kháng chiến chống Pháp. SKZ có nòng để hở phía sau, được người chiến sĩ đặt lên vai, nhắm bắn mục tiêu qua thước ngắm. Khi thuốc súng cháy nổ, đẩy đầu đạn bay về phía trước thì luồng khí phụt về phía sau và thoát ra ngoài khiến cho súng không bị giật lùi.

2. Động cơ phản lực. Tên lửa

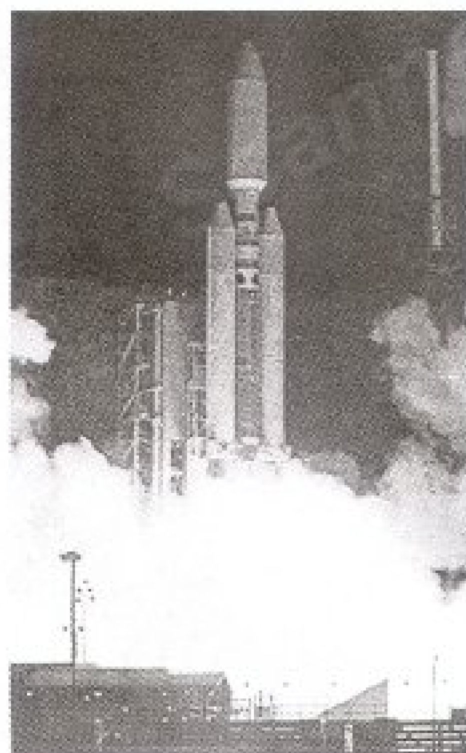
a) Động cơ phản lực

C2 Tại sao máy bay cánh quạt lại không thể coi là máy bay phản lực ?

Trước Chiến tranh thế giới lần thứ hai, các máy bay đều thuộc loại sử dụng động cơ cánh quạt. Chỉ từ nửa sau của thế kỉ XX máy bay phản lực mới ra đời. Những máy bay phản lực hiện đại thường sử dụng động cơ có tuabin nén. Phần đầu của động cơ có máy nén để hút và nén không khí. Khi nhiên liệu cháy, hỗn hợp khí sinh ra phụt về phía sau vừa tạo ra phản lực đẩy máy bay, vừa làm quay tuabin của máy nén. Vận tốc của máy bay phản lực dân dụng hiện đại thường đạt từ 900 – 1000 km/h, còn của máy bay phản lực chiến đấu có thể tới trên 1300 km/h (vận tốc siêu thanh).

b) Tên lửa

Từ thời nhà Tống cách đây trên một nghìn năm, người Trung Hoa đã biết cách làm pháo thăng thiên, chính là đã áp dụng nguyên tắc chuyển động bằng phản lực. Tên lửa hiện đại cũng hoạt động theo cùng nguyên tắc. Điều khác biệt với động cơ phản lực nói ở trên là tên lửa vũ trụ không cần đến môi trường khí quyển bên ngoài. Nó có thể chuyển động trong không gian vũ trụ (chân không) giữa các thiên thể vì có mang theo chất ôxi hoá để đốt cháy nhiên liệu.



Tên lửa vũ trụ đang rời bệ phóng

Để tên lửa có thể đạt được vận tốc rất lớn, cần có hai điều kiện. Một là khối lượng và vận tốc của khí phụt ra cần phải lớn. Hai là, cần chọn tỉ lệ thích hợp giữa khối lượng của vỏ tên lửa và khối lượng nhiên liệu chứa trong nó. Từ đó người ta đã tìm ra giải pháp chế tạo tên lửa nhiều tầng. Khi nhiên liệu của tầng một đã cháy hết thì tầng một tự tách ra và bốc cháy trong khí quyển. Tầng hai bắt đầu hoạt động và tên lửa tiếp tục tăng tốc từ vận tốc đã đạt được trước đó. Do khối lượng toàn bộ tên lửa đã giảm đáng kể, nên vận tốc sẽ tăng nhanh. Quá trình lặp lại : khi nhiên liệu tầng hai cháy hết, tầng này lại tự động tách ra và tầng ba bắt đầu hoạt động,... Tuy nhiên, theo tính toán, người ta thấy kết cấu tên lửa ba tầng là hợp lí hơn cả và hiệu suất đạt cao nhất.

Ngày nay, tên lửa có vận tốc lớn hơn máy bay phản lực rất nhiều lần. Nó có thể đạt đến các tốc độ vũ trụ (xem bài 40) và do đó đảm nhiệm được vai trò vận chuyển các phương tiện khác nhau vào vũ trụ như phóng vệ tinh nhân tạo, phóng các trạm thăm dò lên các hành tinh khác trong hệ Mặt Trời và đưa con người vượt khỏi sức hút của Trái Đất để bay vào vũ trụ.

3. Bài tập về định luật bảo toàn động lượng

Bài 1

Một nhà du hành vũ trụ có khối lượng 75 kg đang đi bộ ngoài không gian. Do một sự cố, dây nối người với con tàu bị tuột. Để quay về con tàu vũ trụ, người đó ném một bình ôxi mang theo người có khối lượng 10 kg về phía ngược với tàu với vận tốc $v = 12$ m/s. Giả sử ban đầu người đang đứng yên so với tàu, hỏi sau khi ném bình khí, người sẽ chuyển động về phía tàu với vận tốc V bằng bao nhiêu ?

Bài giải

Gọi khối lượng của người là M, của bình khí là m. Hệ người – bình khí được coi là một hệ kín. Xét trong hệ quy chiếu gắn với tàu, tổng động lượng ban đầu của hệ bằng 0. Theo định luật bảo toàn động lượng, sau khi người ném bình khí, tổng động lượng của hệ cũng phải bằng 0 :

$$M\vec{V} + m\vec{v} = \vec{0}$$

Các vận tốc của người và bình khí có cùng phương nên đẳng thức trên có dạng đại số :

$$MV + mv = 0 \Rightarrow V = -\frac{mv}{M}$$

Thay số, ta được :

$$V = -\frac{10.12}{75} = -1,6 \text{ m/s}$$

Dấu – chứng tỏ người chuyển động về phía tàu, ngược với chiều ném bình khí.

Bài 2

Hai vật có khối lượng m_1 và m_2 chuyển động ngược chiều nhau với vận tốc $v_1 = 6$ m/s và $v_2 = 2$ m/s tới va chạm vào nhau. Sau va chạm, cả hai đều bị bật ngược trở lại với vận tốc có giá trị bằng nhau $v_1' = v_2' = 4$ m/s. Tìm tỉ số khối lượng của hai vật.

Bài giải

Giả sử chọn chiều của v_1 là chiều dương. Áp dụng định luật bảo toàn động lượng cho hệ hai vật (hệ kín) ta có :

$$m_1v_1 - m_2v_2 = -m_1v_1' + m_2v_2'$$

Thay số và chia cả hai vế cho m_2 : $\frac{m_1}{m_2}.6 - 2 = \frac{-m_1}{m_2}.4 + 4$

Chuyển vế ta được : $10.\frac{m_1}{m_2} = 6$, suy ra $\frac{m_1}{m_2} = 0,6$.

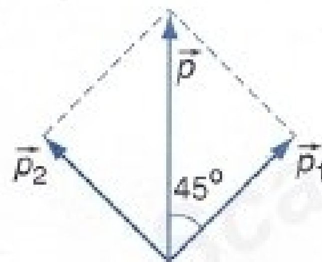
Bài 3

Một viên đạn có khối lượng $m = 3$ kg đang bay thẳng đứng lên cao với vận tốc $v = 471$ m/s thì nổ thành hai mảnh. Mảnh lớn có khối lượng $m_1 = 2$ kg bay theo hướng chếch lên cao hợp với đường thẳng đứng góc 45° với vận tốc $v_1 = 500$ m/s. Hỏi mảnh kia bay theo hướng nào và với vận tốc v_2 bằng bao nhiêu ?

Bài giải

Có thể coi đạn trong quá trình nổ (rất ngắn) là một hệ kín vì các nội lực xuất hiện khi nổ rất lớn so với trọng lực. Trong trường hợp này, vectơ vận tốc của các mảnh đạn có phương khác nhau nên ta phải áp dụng định luật bảo toàn động lượng dạng vectơ :

$$m\vec{v} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 \text{ hay } \vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$$



Hình 32.2

Ta có thể biểu diễn đẳng thức vectơ trên bằng Hình 32.2.

Vì $\vec{p}_1$ hợp với $\vec{p}$ góc 45° và độ lớn của $p = 3.471 = 1\,413$ kg.m/s, độ lớn của $p_1 = 2.500 = 1\,000$ kg.m/s, nên ta nhận thấy mối liên hệ :

$$p = p_1\sqrt{2}$$

Như vậy $\vec{p}_1$ chính là hình chiếu vuông góc của $\vec{p}$ với góc chiếu 45° và nó hợp với $\vec{p}_2$ thành hai cạnh hình vuông có đường chéo là $\vec{p}$.

Vậy : $p_2 = p_1 = 1\,000$ kg.m/s ; suy ra $v_2 = \frac{1\,000}{1} = 1\,000$ m/s.

Mảnh thứ hai bay theo phương chếch lên cao, hợp với đường thẳng đứng góc 45°, nhưng về phía đối diện với mảnh thứ nhất, với vận tốc 1 000 m/s.

CÂU HỎI

1. Trình bày nguyên tắc của chuyển động bằng phản lực. Cho ví dụ.
2. Mô tả và giải thích chuyển động của loài sứa và loài mực trong nước.
3. Nêu đặc điểm hoạt động khác nhau giữa động cơ phản lực của máy bay và tên lửa. Vai trò của tên lửa vũ trụ quan trọng như thế nào ?

BÀI TẬP

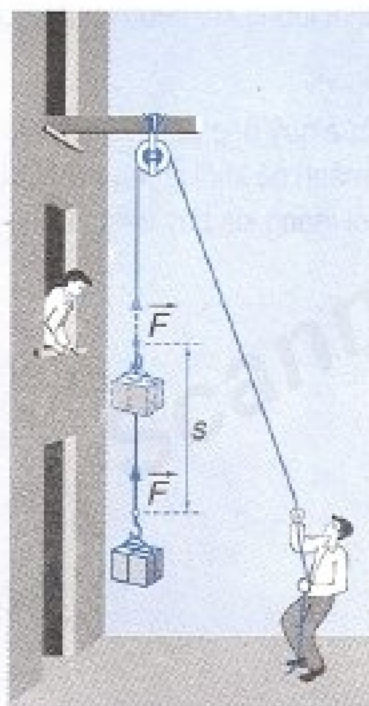
1. Hai xe lăn nhỏ có khối lượng m_1 = 300 g và m_2 = 2 kg chuyển động trên mặt phẳng ngang ngược chiều nhau với các vận tốc tương ứng v_1 = 2 m/s và v_2 = 0,8 m/s. Sau khi va chạm, hai xe dính vào nhau và chuyển động với cùng vận tốc. Tìm độ lớn và chiều của vận tốc này. Bỏ qua mọi lực cản.
2. Một tên lửa có khối lượng tổng cộng M = 10 t đang bay với vận tốc V = 200 m/s đối với Trái Đất thì phụt ra phía sau (tức thời) khối lượng khí m = 2 t với vận tốc v = 500 m/s đối với tên lửa. Tìm vận tốc tức thời của tên lửa sau khi phụt khí với giả thiết toàn bộ khối lượng khí được phụt ra cùng một lúc.
3. Một viên đạn có khối lượng m = 2 kg khi bay đến điểm cao nhất của quỹ đạo parabol với vận tốc v = 200 m/s theo phương nằm ngang thì nổ thành hai mảnh. Một mảnh có khối lượng m_1 = 1,5 kg văng thẳng đứng xuống dưới với vận tốc v_1 cũng bằng 200 m/s. Hỏi mảnh kia bay theo hướng nào và với vận tốc bằng bao nhiêu ?

33 CÔNG VÀ CÔNG SUẤT

Xét tác dụng của một lực lên một vật, tác dụng này có thể gây nên hoặc cản trở sự dời chỗ của vật. Ta tìm một đại lượng đặc trưng cho tác dụng này.



Cần cẩu thực hiện một công nâng gàu xúc đất đá lên cao.



Hình 33.1

Lực kéo của người tác dụng lên vật cùng phương với độ dời thực hiện một công cơ học.

Khi F cùng chiều với s, công $A > 0$, lực có tác dụng tăng cường chuyển động. Khi F ngược chiều với s, công $A < 0$, lực có tác dụng cản trở chuyển động.

1. Công

a) Định nghĩa

Khi một vật chịu tác dụng của lực và dịch chuyển theo phương của lực, ta nói lực đã thực hiện một công trên vật đó. Ví dụ : người đẩy xe trên mặt đường, cần cẩu nâng vật nặng lên cao.

Đối với công, có hai yếu tố không thể thiếu : lực tác dụng và độ dời của điểm đặt theo phương của lực. Lực càng lớn và độ dời càng lớn thì công càng lớn.

Từ đó ta định nghĩa :

Công A do lực $\vec{F}$ không đổi thực hiện là một đại lượng bằng tích của độ lớn F của lực với độ dời s của điểm đặt của lực (có cùng phương với lực).

$$A = Fs \qquad (33.1)$$

Trường hợp lực $\vec{F}$ không cùng phương với độ dời s mà hợp với hướng của độ dời một góc α, ta có thể phân tích lực $\vec{F}$ thành hai thành phần :

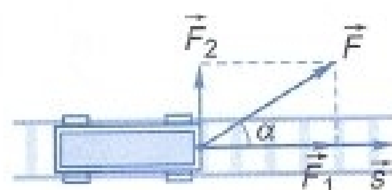
$\vec{F_1}$ cùng phương với độ dời và $\vec{F_2}$ vuông góc với độ dời (Hình 33.2). Khi đó chỉ có thành phần $\vec{F_1}$ thực hiện công F_1s, còn thành phần $\vec{F_2}$ không thực hiện công vì theo phương của $\vec{F_2}$ không có độ dời của điểm đặt của lực.

Như vậy, công của lực F bằng F_1s. Nhưng vì $F_1 = F\cos\alpha$ nên công A bây giờ bằng :

$$A = Fs\cos\alpha \qquad (33.2)$$

Ta thấy $s\cos\alpha$ là hình chiếu của độ dời trên phương của lực. Từ đó, định nghĩa tổng quát của công như sau :

Công thực hiện bởi một lực không đổi là đại lượng đo bằng tích độ lớn của lực và hình chiếu của độ dời điểm đặt trên phương của lực.



Hình 33.2

Toa goòng chuyển động trên đường ray chịu tác dụng của lực kéo $\vec{F}$ hợp với hướng của độ dời một góc α.

Công A theo (33.2) còn có thể biểu diễn dưới dạng tích vô hướng của hai vectơ $\vec{F}$ và $\vec{s}$:

$$A = \vec{F}\vec{s} \qquad (33.2')$$

C1 Tục ngữ có câu :

Của một đồng, *công* một nén

Khái niệm công này có phải là công cơ học không ? Tại sao ?

b) Công phát động và công cản

Theo (33.2), công là đại lượng vô hướng và có giá trị đại số.

– Nếu $\cos\alpha > 0$ $\left(\alpha < \frac{\pi}{2}\right)$ thì $A > 0$ và được gọi là công phát động.

– Nếu $\cos\alpha < 0$ $\left(\frac{\pi}{2} < \alpha \leq \pi\right)$ thì $A < 0$ và được gọi là công cản.

– Nếu $\cos\alpha = 0$ $\left(\alpha = \frac{\pi}{2}\right)$ thì $A = 0$, dù có lực tác dụng nhưng không có công thực hiện.

Ví dụ, khi một vật di chuyển theo phương nằm ngang, công của trọng lực luôn bằng 0.

c) Đơn vị công

Trong hệ SI, công được đo bằng *jun*, kí hiệu là J.

1 jun là công thực hiện bởi lực có độ lớn 1 niutơn khi điểm đặt của lực có độ dời 1 mét theo phương của lực.

$$1 \text{ jun} = 1 \text{ niutơn} \times 1 \text{ mét}$$

Bội của jun là kilôjun (kJ) : 1 kJ = 1 000 J = 10^3 J.



Người nhảy dù đang rơi

C2 Trong trường hợp người nhảy dù đang rơi, sau khi dù đã mở, có những lực nào thực hiện công ? Công đó là dương hay âm ?

C3 Hãy tìm hai ví dụ trong đó có lực tác dụng nhưng công thực hiện bằng 0.



Hình 33.3

Công của lực biến đổi

Ở trên, ta chỉ tính công của một lực không đổi (cả về phương, chiều và độ lớn) và độ dời là một đoạn thẳng. Còn trong trường hợp lực biến đổi và quỹ đạo không thẳng thì công được tính như thế nào ?

Giả sử vật chuyển động trên một đường cong bất kì từ A đến B. Ta có thể tưởng tượng chia đường cong thành những đoạn đủ nhỏ Δs sao cho mỗi đoạn đó có thể xem như một đoạn thẳng (Hình 33.3). Đồng thời vì đoạn thẳng đã coi là đủ nhỏ nên có thể coi lực tác dụng trong khoảng thời gian này là không đổi. Công thực hiện trên quãng đường vô cùng nhỏ như thế gọi là công nguyên tố $\Delta A = \vec{F}\Delta\vec{s}$.

Với lập luận như vậy, về nguyên tắc, công toàn phần mà lực thực hiện trên cả quãng đường sẽ bằng tổng các công nguyên tố (được tính bằng phép tính tích phân).

2. Công suất

a) Định nghĩa

Hai vật khác nhau thực hiện cùng một công như nhau nhưng thời gian để thực hiện công có thể khác nhau, điều đó có nghĩa *tốc độ* thực hiện công của chúng là nhanh chậm khác nhau. Chẳng hạn một cần cẩu nâng một vật nặng lên cao nhanh hơn một người dùng ròng rọc kéo vật nặng đó lên cùng độ cao.

Công suất đặc trưng cho khả năng thực hiện công nhanh hay chậm. Một máy có công suất càng lớn nếu thời gian để thực hiện một công cho trước càng ngắn.

Người ta dùng khái niệm *công suất* để biểu thị tốc độ thực hiện công của một vật (người, máy...) và định nghĩa :

Công suất là đại lượng có giá trị bằng thương số giữa công A và thời gian t cần để thực hiện công ấy.

Kí hiệu công suất là $\mathcal{P}$:

$$\mathcal{P} = \frac{A}{t} \qquad (33.3)$$

Bảng 1

Một số giá trị công suất

Trái tim đập 60 nhịp/phút	30 W
Vận động viên nâng tạ 150 kg	3,3 kW
Mô tô 500 cm^3	70 kW
Máy bay thể thao	74 kW
Ô tô tải hạng nặng	300 kW
Tàu hoả cao tốc (TGV)	8,8 MW
Mỗi tổ máy phát điện nhà máy thuỷ điện Hoà Bình	240 MW

b) Đơn vị

Trong hệ SI, công suất được đo bằng *oát*, kí hiệu là W.

1 oát là công suất của máy sinh công 1 jun trong 1 giây

$$1\ \text{W} = \frac{1\ \text{J}}{1\ \text{s}}$$

Bội của oát là kilôoát (kW) :

$$1\ \text{kW} = 1\,000\ \text{W} = 10^3\ \text{W}$$

và mêgaoát (MW) :

$$1\ \text{MW} = 1\,000\,000\ \text{W} = 10^6\ \text{W}.$$

Chú ý :

• Có một đơn vị công dễ gây nhầm lẫn với đơn vị công suất, đó là kilôoát giờ, kí hiệu là kW.h, bằng công của một lực (một máy) có công suất 1 kilôoát (kW) thực hiện trong 1 giờ (h).

$$1\ \text{kW.h} = 1\,000.3\,600 = 3{,}6.10^6\ \text{J}.$$

Đơn vị kW.h thường dùng để đo năng lượng điện.

• Một đơn vị công suất khác được dùng trong công nghệ chế tạo máy là mã lực (HP) :

$$1\ \text{mã lực} = 736\ \text{W}$$

c) Biểu thức khác của công suất

Nếu lực $\vec{F}$ không đổi, ta có thể biến đổi công thức (33.3) :

$$\mathscr{P} = \frac{A}{t} = \frac{\vec{F}\vec{s}}{t} = \vec{F}\vec{v} \qquad (33.4)$$

Nếu t là hữu hạn thì $\vec{v}$ là vận tốc trung bình và $\mathscr{P}$ là công suất trung bình của lực tác dụng lên vật. Nếu t rất nhỏ thì $\vec{v}$ là vận tốc tức thời và $\mathscr{P}$ là công suất tức thời ở thời điểm mà ta xét.

Ứng dụng : Từ (33.4) ta thấy, với công suất không đổi cho trước của một động cơ ô tô chẳng hạn, lực kéo tỉ lệ nghịch với vận tốc của ô tô.

Hộp số thường thấy trong động cơ các loại ô tô, xe máy... được chế tạo để điều khiển xe theo nguyên tắc này. Hộp số gồm hệ thống bánh răng có số răng khác nhau truyền lực từ động cơ đến trục của bánh xe phát động, giúp thay đổi tốc độ quay của trục, dẫn tới làm thay đổi được lực kéo của động cơ.

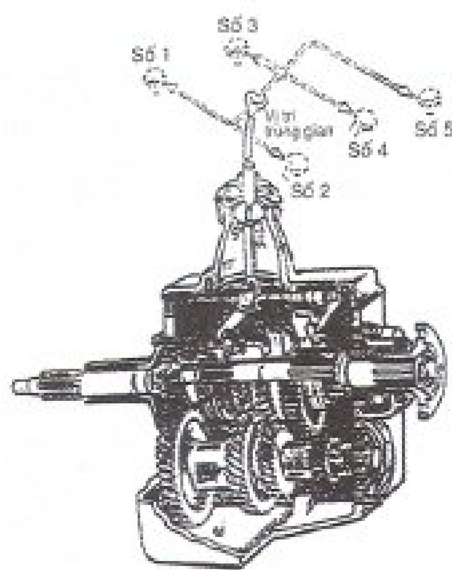


Động cơ điêzen của chiếc ô tô này có công suất 300 kW

C4 Hãy cho biết cần cẩu nào có công suất lớn hơn, biết rằng :

– Cần cẩu 1 nâng vật 900 kg lên cao 10 m trong 1 min.

– Cần cẩu 2 nâng vật 2 000 kg lên cao 6 m trong 2 min.



Hộp số của động cơ ô tô

Khi ô tô lên dốc, cần có lực kéo khoẻ thì phải chuyển đổi bánh răng trong hộp số về số nhỏ sao cho trục quay chậm hơn. Ngược lại khi chạy trên đường bằng phẳng chỉ cần lực kéo nhỏ, người lái xe có thể gài số lớn để trục quay nhanh hơn khiến xe có thể đạt vận tốc lớn.

3. Hiệu suất

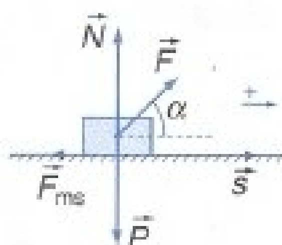
Trong chương trình THCS, ta đã học định luật bảo toàn công. Cần nói rõ công chỉ được bảo toàn trong trường hợp lí tưởng không có ma sát. Trong thực tế, khi vận hành, một máy luôn luôn chịu tác dụng của lực ma sát cản trở chuyển động của nó. Lực này thực hiện công âm làm hao phí năng lượng, vì thế công có ích A' của máy bao giờ cũng nhỏ hơn công A do lực phát động thực hiện.

Hiệu suất cho biết tỉ lệ (có thể tính theo phần trăm) giữa công có ích và công toàn phần do máy sinh ra khi hoạt động.

Tỉ số :
$$\mathcal{H} = \frac{A'}{A} \quad (33.5)$$

gọi là *hiệu suất* của máy, có giá trị luôn nhỏ hơn 1.

4. Bài tập vận dụng



Hình 33.4

Vật có khối lượng $m = 2$ kg chịu tác dụng của một lực $F = 10$ N có phương hợp với độ dời trên mặt phẳng nằm ngang một góc $\alpha = 45^o$ (Hình 33.4). Giữa vật và mặt phẳng có tác dụng lực ma sát với hệ số ma sát trượt $\mu_t = 0,2$.

a) Tính công của các ngoại lực thực hiện trên vật với độ dời $s = 2$ m. Công nào là công dương ? Công nào là công âm ? Lấy $g = 10$ m/s^2.

b) Tính hiệu suất trong trường hợp này.

Bài giải

Các ngoại lực tác dụng lên vật gồm lực $\vec{F}$ và lực ma sát $\vec{F}_{ms}$.

a) Công của lực $\vec{F}$: $A_1 = \vec{F}\vec{s} = Fs\cos 45^o$

Công của lực $\vec{F}_{ms}$:

$$A_2 = \vec{F}_{ms}\vec{s} = \mu_t N s \cos 180^o = -\mu_t(P - F\sin\alpha)s$$

với N là áp lực vuông góc của vật trên mặt phẳng : $N = P - F\sin\alpha$

Thay số : $A_1 = 10.2.0,707 = 14,14$ J : công dương.

$A_2 = -0,2(20 - 10.0,707)2 = -5,17$ J : công âm.

b) Công có ích : $A' = A_1 - |A_2| = 14,14 - 5,17 \approx 9$ J.

Hiệu suất : $\mathcal{H} = \dfrac{A'}{A_1} = \dfrac{9}{14,14} \approx 0,64$ (= 64%).

CÂU HỎI

1. Định nghĩa công cơ học và đơn vị công. Viết biểu thức tính công trong trường hợp tổng quát.

2. Nêu ý nghĩa công dương và công âm. Cho ví dụ.

3. Định nghĩa công suất và đơn vị công suất. Nêu ý nghĩa của công suất.

BÀI TẬP

1. Câu nào sau đây là đúng ?

   A. Lực là một đại lượng vectơ, do đó công cũng là một đại lượng vectơ.

   B. Trong chuyển động tròn, lực hướng tâm thực hiện công vì có cả hai yếu tố : lực tác dụng và độ dời của điểm đặt của lực.

   C. Công của lực là đại lượng vô hướng và có giá trị đại số.

   D. Khi một vật chuyển động thẳng đều, công của tổng hợp lực là khác 0 vì có độ dời của vật.

2. Một tàu thuỷ chạy trên sông theo đường thẳng kéo một sà lan chở hàng với lực không đổi $F = 5.10^3$ N. Hỏi khi lực thực hiện được một công bằng 15.10^6 J thì sà lan đã dời chỗ theo phương của lực được quãng đường bằng bao nhiêu ?

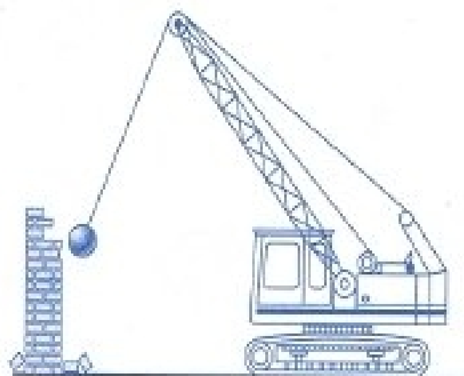
3. Một vật khối lượng $m = 3$ kg được kéo lên trên mặt phẳng nghiêng một góc 30^0 so với phương ngang bởi một lực không đổi $F = 50$ N dọc theo đường dốc chính. Hãy xác định các lực tác dụng lên vật và công do từng lực thực hiện với độ dời $s = 1,5$ m. Bỏ qua ma sát của chuyển động.

4. Một vật có khối lượng $m = 2$ kg rơi tự do từ độ cao $h = 10$ m so với mặt đất. Bỏ qua sức cản của không khí. Hỏi sau thời gian 1,2 s trọng lực đã thực hiện được một công bằng bao nhiêu ? Công suất trung bình của trọng lực trong thời gian 1,2 s và công suất tức thời tại thời điểm $t = 1,2$ s khác nhau ra sao ?

5. Một máy bơm nước mỗi giây có thể bơm được 15 *l* nước lên bể nước ở độ cao 10 m. Nếu coi mọi tổn hao là không đáng kể, hãy tính công suất của máy bơm. Trong thực tế hiệu suất của máy bơm chỉ là 0,7. Hỏi sau nửa giờ, máy bơm đã thực hiện một công bằng bao nhiêu ? Lấy $g = 10$ m/s^2.

34 ĐỘNG NĂNG ĐỊNH LÍ ĐỘNG NĂNG

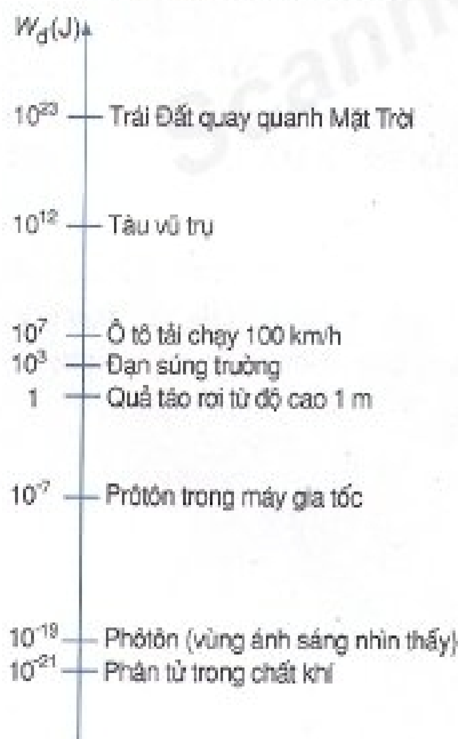
Trong chương trình THCS, ta đã có những khái niệm sơ bộ về năng lượng. Ta biết rằng một vật có năng lượng nếu vật đó có khả năng sinh công. Hãy xem nếu do chuyển động mà vật có khả năng sinh công thì năng lượng của vật thuộc dạng nào.



Hình 34.1 Cần cẩu văng quả nặng để phá bức tường

C1 Tại sao trong một tai nạn giao thông, ô tô có tải trọng càng lớn và chạy càng nhanh thì hậu quả tai nạn do nó gây ra càng nghiêm trọng ?

Một số giá trị động năng



1. Động năng

Ta hãy quan sát một quả nặng treo ở đầu một cần cẩu. Nó đang được dùng để phá một bức tường (Hình 34.1). Quả nặng có khối lượng càng lớn và được văng càng nhanh thì hiệu quả do công sinh ra cũng càng lớn.

Vậy quả nặng khi chuyển động có thể sinh công tức là nó đã có một năng lượng. Năng lượng này, như đã thấy, phụ thuộc cả vận tốc và khối lượng của vật chuyển động và được gọi là *động năng*.

a) Định nghĩa

Động năng của một vật là năng lượng do vật chuyển động mà có. Động năng có giá trị bằng một nửa tích của khối lượng và bình phương vận tốc của vật.

Kí hiệu động năng là $W_đ$ thì :

$$W_đ = \frac{mv^2}{2} \qquad (34.1)$$

Đơn vị của động năng cũng là đơn vị của công. Khối lượng đo bằng kg, vận tốc đo bằng m/s thì động năng đo bằng jun (J).

Nhận xét

• Động năng là đại lượng vô hướng và luôn luôn dương.

• Vận tốc có tính tương đối, phụ thuộc vào hệ quy chiếu, cho nên động năng cũng có tính tương đối. Thông thường khi không nói đến hệ quy chiếu, ta hiểu là động năng được xác định trong hệ quy chiếu gắn với mặt đất.

• Công thức (34.1) xác định động năng của chất điểm chuyển động và cũng đúng cho *vật chuyển động tịnh tiến*, vì khi đó mọi điểm của vật có cùng một vận tốc.

b) Ví dụ

Một viên đạn khối lượng 10 g bay ra từ nòng súng với vận tốc 600 m/s và một vận động viên khối lượng 58 kg chạy với vận tốc 8 m/s. Hãy so sánh động năng của người và đạn, cho nhận xét về kết quả.

Bài giải

Động năng của đạn :

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}.0{,}01.36.10^4 = 1800\ \text{J}$$

Động năng của người :

$$\frac{1}{2}MV^2 = \frac{1}{2}.58.64 = 1856\ \text{J}.$$

Mặc dù khối lượng của đạn rất nhỏ so với khối lượng người, nhưng động năng của đạn và người xấp xỉ bằng nhau. Điều đó chứng tỏ yếu tố vận tốc có ảnh hưởng mạnh đối với giá trị động năng (động năng tỉ lệ với bình phương vận tốc).

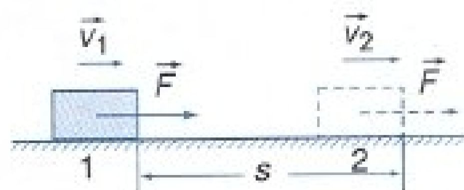
C2 Một người ngồi trong toa xe đang chuyển động có động năng bằng 0 hay khác 0 ?

2. Định lí động năng

Lực $\vec{F}$ không đổi tác dụng lên một vật có khối lượng m (Hình 34.2) làm nó chuyển động nhanh dần đều theo phương của lực với gia tốc $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$.

Xét một độ dời s, gọi $\vec{v}_1$ và $\vec{v}_2$ là vận tốc của vật ở đầu và cuối độ dời thì ta có :

$$v_2^2 - v_1^2 = 2as$$



Hình 34.2

Công do lực F thực hiện trên độ dời s từ vị trí 1 đến vị trí 2 là :

$$A_{12} = Fs = ma\frac{v_2^2 - v_1^2}{2a}$$

Kết quả :

$$A_{12} = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} \qquad (34.2)$$

Người ta chứng minh rằng định lí động năng vẫn đúng trong trường hợp lực thay đổi cả độ lớn và phương chiều, còn vật thì có thể có dạng đường đi bất kì.

Công mà vật sinh ra thì bằng và trái dấu với công của ngoại lực. Do đó, nếu vật sinh công dương thì động năng của vật giảm.

C3 Một ô tô đang chạy đều. Lực kéo của động cơ thực hiện công dương. Tại sao động năng của ô tô vẫn không đổi ?

Từ định nghĩa (34.1) của động năng, ta có thể viết lại công thức (34.2) như sau :

$$A_{12} = W_{đ_2} - W_{đ_1} \quad (34.3)$$

Công thức này diễn tả định lí động năng.

Độ biến thiên động năng của một vật bằng công của ngoại lực tác dụng lên vật.

Nếu công của ngoại lực là dương (công phát động), động năng của vật tăng ; nếu công này âm (công cản), động năng của vật giảm.

3. Bài tập vận dụng

Một máy bay khối lượng $m = 5.10^3$ kg bắt đầu chạy trên đường băng hết quãng đường dài $s = 530$ m thì đạt đến vận tốc cất cánh $v = 60$ m/s. Trong khi lăn bánh, lực cản trung bình bằng 0,02 trọng lượng của máy bay. Hãy xác định lực kéo của động cơ máy bay. Cho $g = 10$ m/s^2.

Bài giải

Ngoại lực tác dụng lên máy bay gồm lực kéo F của động cơ và lực cản bằng $k.mg$. Theo định lí động năng, tổng công của các ngoại lực bằng độ biến thiên động năng của máy bay.

$$(F - kmg)s = \frac{mv^2}{2} - 0$$

Suy ra

$$F = \frac{mv^2}{2s} + kmg$$

Thay số, ta được :

$$F = \frac{5.10^3.3600}{2.530} + 0{,}02.5.10^3.10 = 1{,}8.10^4 \text{ N}$$

Nhận xét :

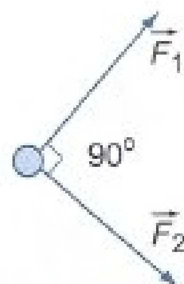
Có thể dùng định luật II Niu-tơn và công thức chuyển động thẳng biến đổi đều để giải bài toán này và sẽ thu được cùng kết quả. Tuy nhiên, cần có điều kiện lực là không đổi. Trong thực tế, lực kéo của máy bay không nhất thiết phải là không đổi, do đó áp dụng định lí động năng là thích hợp để tính giá trị trung bình của lực kéo trên cả quãng đường chuyển động của máy bay.

CÂU HỎI

1. Viết biểu thức động năng của vật có khối lượng m chuyển động tịnh tiến với vận tốc v. Đơn vị động năng là gì ?
   Động năng của vật sẽ thay đổi ra sao, nếu :
   a) m không đổi, v tăng gấp 2 ?
   b) v không đổi, m tăng gấp 2 ?
   c) m giảm $\frac{1}{2}$, v tăng gấp 4 ?
   d) v giảm $\frac{1}{2}$, m tăng gấp 4 ?
2. Phát biểu định lí về động năng. Từ đó nói rõ mối quan hệ giữa công và năng lượng.
3. Hai vật cùng khối lượng, chuyển động với cùng vận tốc, nhưng một theo phương ngang và một theo phương thẳng đứng. Hai vật có cùng động năng hay không, cùng động lượng hay không ?
4. Lực tác dụng lên một vật chuyển động có làm thay đổi động năng của vật hay không, nếu :
   a) Lực vuông góc với vận tốc của vật ?
   b) Lực cùng phương với vận tốc của vật ?
   c) Lực hợp với phương của vận tốc một góc α ?

BÀI TẬP

1. Một ô tô tải khối lượng 5 tấn và một ô tô con khối lượng 1300 kg chuyển động cùng chiều trên đường, chiếc trước chiếc sau với cùng vận tốc không đổi 54 km/h. Tính :
   a) Động năng của mỗi ô tô.
   b) Động năng của ô tô con trong hệ quy chiếu gắn với ô tô tải.
2. Một ô tô tăng tốc trong hai trường hợp : từ 10 km/h lên 20 km/h và từ 50 km/h lên 60 km/h trong cùng một khoảng thời gian như nhau. Nếu bỏ qua ma sát, hãy so sánh xem lực tác dụng và công do lực thực hiện trong hai trường hợp có bằng nhau không. Tại sao ?
3. Một viên đạn khối lượng m = 10 g bay ngang với vận tốc v_1 = 300 m/s xuyên qua tấm gỗ dày 5 cm. Sau khi xuyên qua gỗ, đạn có vận tốc v_2 = 100 m/s. Tính lực cản trung bình của tấm gỗ tác dụng lên viên đạn.
4. Trên mặt phẳng nhẵn nằm ngang, vật chịu tác dụng của hai lực $\vec{F_1}$ và $\vec{F_2}$ trong mặt phẳng và có phương vuông góc với nhau (Hình 34.3).
   Khi vật dịch chuyển được 2 m từ trạng thái nghỉ, động năng của vật bằng bao nhiêu ? Xét các trường hợp :
   a) F_1 = 10 N, F_2 = 0.　b) F_1 = 0, F_2 = 5 N.　c) F_1 = F_2 = 5 N.

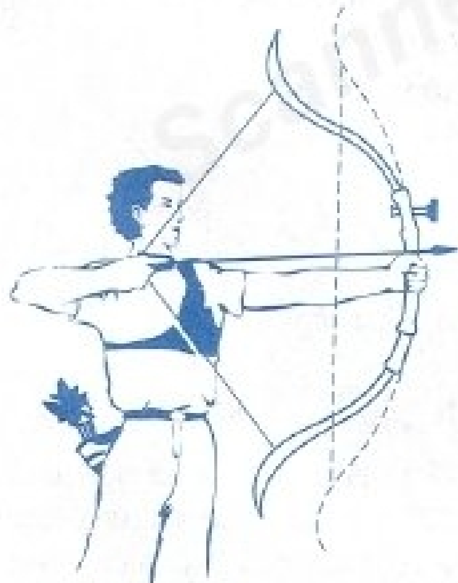


Hình 34.3

5. Một chiếc xe được kéo từ trạng thái nghỉ trên một đoạn đường nằm ngang dài 20 m với một lực có độ lớn không đổi bằng 300 N và có phương hợp với độ dời góc 30°. Lực cản do ma sát cũng được coi là không đổi và bằng 200 N. Tính công của mỗi lực. Động năng của xe ở cuối đoạn đường bằng bao nhiêu ?
6. Một ô tô có khối lượng 1600 kg đang chạy với vận tốc 50 km/h thì người lái nhìn thấy một vật cản trước mặt cách khoảng 15 m. Người đó tắt máy và hãm phanh khẩn cấp. Giả sử lực hãm ô tô là không đổi và bằng $1,2.10^4$ N. Hỏi xe có kịp dừng tránh khỏi đâm vào vật cản hay không ?

35 THẾ NĂNG
THẾ NĂNG TRỌNG TRƯỜNG


Hình 35.1 Búa máy đóng cọc


Hình 35.2 Người bắn cung

1. Khái niệm thế năng

Ví dụ 1 : Ta hãy quan sát hoạt động của một búa máy trên công trường xây dựng (Hình 35.1). Quả nặng (búa) được kéo lên một độ cao nhất định so với mặt đất và thả cho rơi tự do xuống đập vào cọc bê tông và ấn nó lún xuống lòng đất. Búa được kéo càng cao thì vận tốc của búa khi chạm cọc càng lớn và làm cọc càng lún sâu hơn. Vậy quả nặng khi ở một độ cao có dự trữ một năng lượng để sinh công làm dịch chuyển cọc.

Ví dụ 2 : Một người khi giương cung đã làm cánh cung bị uốn cong (Hình 35.2). Khi người đó buông tay, mũi tên đặt trên dây cung được bắn đi. Cánh cung càng bị uốn nhiều thì mũi tên bay càng xa. Vậy cánh cung khi biến dạng đã có một năng lượng dự trữ có thể thực hiện công đưa mũi tên chuyển động và bay đi.

Dạng năng lượng nói đến trong hai ví dụ trên được gọi là *thế năng*. Nó phụ thuộc vị trí tương đối của vật so với mặt đất, hoặc phụ thuộc độ biến dạng của vật so với trạng thái chưa biến dạng.

2. Công của trọng lực

Một vật khối lượng m được coi như một chất điểm, di chuyển từ điểm B có độ cao z_B đến điểm C có độ cao z_C so với mặt đất. Ta hãy tính công do trọng lực tác dụng lên vật thực hiện trong dịch chuyển từ B đến C.

Vì quỹ đạo có dạng bất kì, nên ta chia nó thành những độ dời Δs rất nhỏ đủ để coi chúng như những

đoạn thẳng (Hình 35.3). Công nguyên tố do trọng lực P thực hiện khi vật có độ dời Δs là :

$\Delta A = P \times$ hình chiếu Δs trên phương của P, hay $\Delta A = P\Delta z$

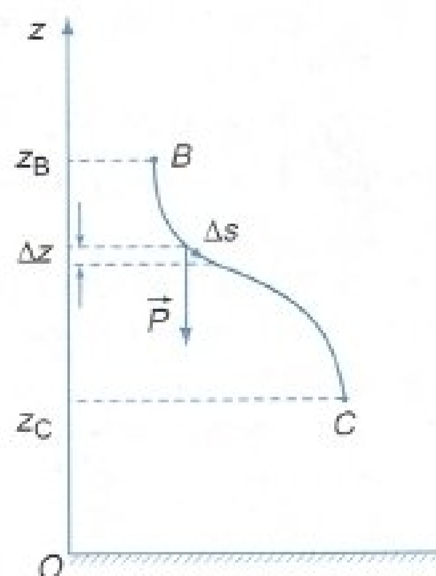
Công toàn phần thực hiện trên cả quãng đường từ B đến C là :

$$A_{BC} = \sum \Delta A = \sum (P\Delta z) = P\sum \Delta z = P(z_B - z_C)$$

Kết quả : $A_{BC} = mg(z_B - z_C)$ (35.1)

Nhận xét :

Công của trọng lực không phụ thuộc hình dạng đường đi của vật mà chỉ phụ thuộc các vị trí đầu và cuối. Lực có tính chất như thế được gọi là *lực thế* hay *lực bảo toàn*.



Hình 35.3 *Trọng lực thực hiện công*

Kí hiệu $\Sigma\Delta A$ để chỉ việc lấy tổng các công nguyên tố ΔA.

C1 Hãy cho biết năng lượng mà vật có khi được đặt tại một vị trí trong trọng trường của Trái Đất là năng lượng gì ?

3. Thế năng trọng trường

Phương trình (35.1) có thể viết lại thành :

$$A_{BC} = mgz_B - mgz_C$$

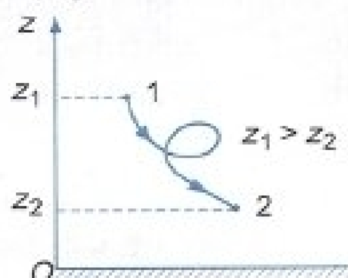
Nếu kí hiệu $W_t = mgz$ (35.2)

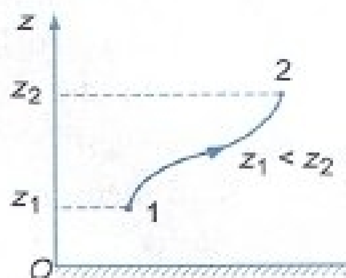
và gọi W_t là *thế năng của vật trong trọng trường* (gọi tắt là thế năng trọng trường) thì khi vật dịch chuyển từ vị trí 1 đến vị trí 2 bất kì (Hình 35.3), ta luôn luôn có :

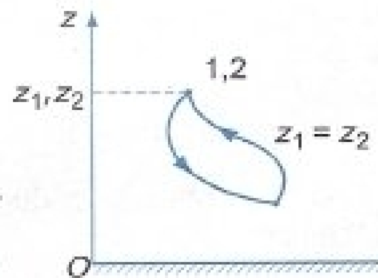
$$A_{12} = W_{t_1} - W_{t_2} \quad (35.3)$$

Công của trọng lực bằng hiệu thế năng của vật tại vị trí đầu và tại vị trí cuối, tức là bằng độ giảm thế năng của vật.

Giống như trường hợp động năng, kết quả này thể hiện mối quan hệ : Công là số đo sự biến đổi năng lượng.







Hình 35.4 *Biến đổi của thế năng trọng trường*

a) Vật đi từ cao xuống thấp $A_{12} > 0$: công phát động. Thế năng của vật giảm.

b) Vật đi từ thấp lên cao $A_{12} < 0$: công cản. Thế năng của vật tăng.

c) Quỹ đạo khép kín $A_{12} = 0$: Tổng đại số công thực hiện bằng 0.

Nếu ta chọn gốc O' khác ($OO' = a$) thì $z' = z + a$ và

$$W_t' = mgz' = mgz + mga = W_t + C$$

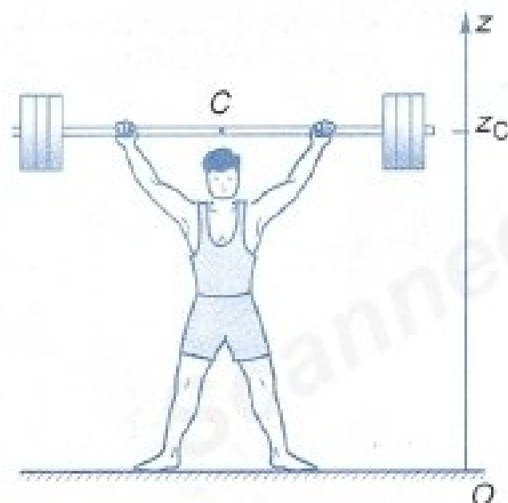
với $C = mga$ (vì a tuỳ ý nên C là một hằng số tuỳ ý).

Hằng số C không làm thay đổi độ giảm thế năng. Có thể chứng tỏ như sau :

$$\begin{aligned} A_{12}' &= W_{t_1}' - W_{t_2}' \\ &= (mgz_1 + mga) - (mgz_2 + mga) \\ &= mgz_1 - mgz_2 \\ &= W_{t_1} - W_{t_2} = A_{12} \end{aligned}$$

Như vậy độ giảm thế năng vẫn bằng A_{12} và phương trình (35.3) luôn đúng.

Ta nói : Thế năng trọng trường được xác định sai kém một hằng số cộng.



Hình 35.5 Người cử tạ

Quả tạ là một vật rắn. Nếu m là khối lượng của tạ và z_C là độ cao của trọng tâm của nó đối với mặt đất thì thế năng của tạ trong trọng trường là mgz_C.

C2 Tìm sự khác nhau giữa động năng và thế năng.

• Từ biểu thức của thế năng trọng trường trong (35.2), ta thấy giá trị thế năng của vật phụ thuộc việc chọn gốc toạ độ O tại đó thế năng coi bằng 0 và vị trí này được gọi là *mức không* của thế năng. Mức không được chọn khác nhau tuỳ trường hợp cụ thể, sao cho việc giải bài toán được đơn giản nhất.

• Vật ở trong trọng trường, tức là chịu tác dụng lực hấp dẫn của Trái Đất, có thế năng $W_t = mgz$ như đã nói ở trên. Trái Đất cũng chịu lực hấp dẫn của vật (có độ lớn bằng mg), nhưng khối lượng của Trái Đất rất lớn so với m nên khi vật bị hút lại gần Trái Đất thì Trái Đất coi như vẫn đứng yên. Thế năng của Trái Đất không đổi, coi như bằng 0. Do đó, thế năng của hệ vật – Trái Đất cũng bằng thế năng $W_t = mgz$ của vật.

• Ngoài Trái Đất, mọi thiên thể trong vũ trụ đều hút lẫn nhau với lực vạn vật hấp dẫn (bài 17), do đó cũng tồn tại năng lượng dưới dạng thế năng và gọi chung là *thế năng hấp dẫn*. Thế năng trọng trường chỉ là trường hợp riêng của thế năng hấp dẫn.

• Đơn vị thế năng trong hệ SI cũng là jun (J), giống như công.

4. Lực thế và thế năng

Ở trên đã nói trọng lực là lực thế. Ngoài ra còn lực vạn vật hấp dẫn, lực đàn hồi, lực tĩnh điện... cũng đều là lực thế. Lực ma sát không phải là lực thế vì công của nó phụ thuộc hình dạng đường đi.

Khái niệm thế năng luôn gắn với lực thế, vì chỉ có lực thế tác dụng lên một vật mới tạo cho vật có thế năng. **Thế năng là năng lượng của một hệ có được do tương tác giữa các phần của hệ (ví dụ Trái Đất và vật) thông qua lực thế.** Thế năng phụ thuộc vị trí tương đối của các phần ấy.

CÂU HỎI

1. Hãy nêu các đặc điểm của thế năng. Giữa động năng và thế năng có gì khác nhau ?
2. Định nghĩa lực thế. Thế năng liên quan đến lực thế như thế nào ?
3. Viết biểu thức của thế năng trọng trường. Nếu thế năng được xác định sai kém một hằng số cộng tuỳ ý thì độ giảm thế năng có bằng công của trọng lực không ?
4. Giải thích ý nghĩa hệ thức :

$$A_{12} = W_{t_1} - W_{t_2}$$

BÀI TẬP

1. Chọn câu **sai**.

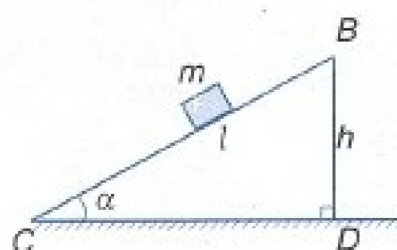
   A. Thế năng của một vật tại một vị trí trong trọng trường phụ thuộc cả vào vận tốc của nó tại vị trí đó.

   B. Công dương do trọng lực thực hiện bằng độ giảm thế năng của vật trong trọng trường.

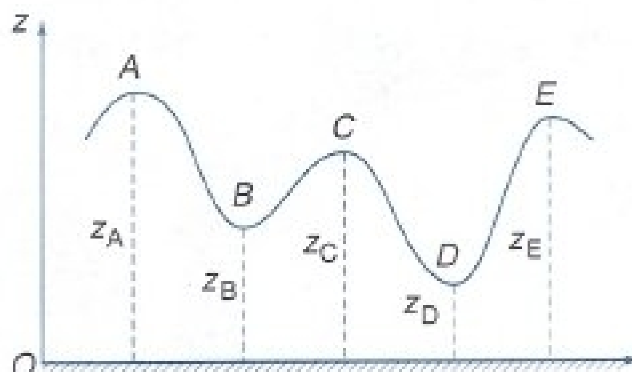
   C. Thế năng được xác định sai kém một hằng số cộng, nhưng hằng số này không làm thay đổi độ giảm thế năng khi trọng lực thực hiện công.

   D. Thế năng của một vật trong trọng trường thực chất cũng là thế năng của hệ kín gồm vật và Trái Đất.

2. Dưới tác dụng của trọng lực, một vật có khối lượng m trượt không ma sát từ trạng thái nghỉ trên một mặt phẳng nghiêng có chiều dài $BC = l$ và độ cao $BD = h$ (Hình 35.6). Hãy tính công do trọng lực thực hiện khi vật di chuyển từ B đến C và chứng tỏ công này chỉ phụ thuộc sự chênh lệch độ cao giữa hai điểm B và C.



Hình 35.6



Hình 35.7

3. Trong công viên giải trí, một xe có khối lượng m = 80 kg chạy trên đường ray có mặt cắt như trên Hình 35.7. Độ cao của các điểm A, B, C, D, E được tính đối với mặt đất và có các giá trị :
   z_A = 20 m, z_B = 10 m, z_C = 15 m, z_D = 5 m, z_E = 18 m.

Tính độ biến thiên thế năng của xe trong trọng trường khi nó di chuyển :

a) Từ *A* đến *B*.
b) Từ *B* đến *C*.
c) Từ *A* đến *D*.
d) Từ *A* đến *E*.

Hãy cho biết công mà trọng lực thực hiện trong mỗi quá trình đó là dương hay âm.

4. Một cần cẩu nâng một contenơ có khối lượng 3 000 kg từ mặt đất lên độ cao 2 m (tính theo di chuyển của trọng tâm của contenơ), sau đó đổi hướng và hạ nó xuống sàn một ô tô tải ở độ cao cách mặt đất 1,2 m (Hình 35.8).

a) Tìm thế năng của contenơ trong trọng trường khi nó ở độ cao 2 m. Tính công của lực phát động (lực căng của dây cáp) để nâng nó lên độ cao này.

b) Tìm độ biến thiên thế năng khi contenơ hạ từ độ cao 2 m xuống sàn ô tô. Công của trọng lực có phụ thuộc cách di chuyển contenơ giữa hai vị trí đó hay không ? Tại sao ?



Hình 35.8

5. Một buồng cáp treo chở người với khối lượng tổng cộng 800 kg đi từ vị trí xuất phát cách mặt đất 10 m tới một trạm dừng trên núi ở độ cao 550 m, sau đó lại đi tiếp tới một trạm khác ở độ cao 1 300 m.

a) Tìm thế năng trọng trường của vật tại vị trí xuất phát và tại các trạm dừng.
– Lấy mặt đất làm mức không.
– Lấy trạm dừng thứ nhất làm mức không.

b) Tính công do trọng lực thực hiện khi buồng cáp treo di chuyển :
– Từ vị trí xuất phát tới trạm dừng thứ nhất.
– Từ trạm dừng thứ nhất tới trạm dừng tiếp theo.

Công này có phụ thuộc việc chọn mức không như ở câu a) không ?

36 THẾ NĂNG ĐÀN HỒI

Ta đã biết cánh cung khi bị uốn cong sẽ dự trữ một năng lượng dưới dạng thế năng. Có thể kể thêm nhiều ví dụ tương tự như lò xo bị nén, cầu nhảy trên bể bơi khi bị nhún cong, cây sào mềm được uốn của vận động viên nhảy sào,...



Vận động viên nhảy sào

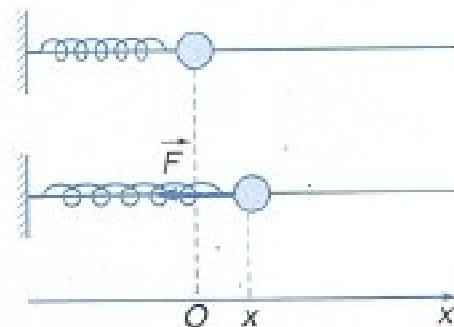
1. Công của lực đàn hồi

Mọi vật khi biến dạng đàn hồi đều có khả năng sinh công, tức là mang một năng lượng. Năng lượng này được gọi là *thế năng đàn hồi*.

Để thiết lập biểu thức của thế năng đàn hồi, ta bắt đầu từ việc tính công của lực đàn hồi giống như đã làm với trường hợp trọng trường.

C1 Hãy cho biết khả năng sinh công của những vật biến dạng trong các ví dụ trên.

Xét một con lắc lò xo, gồm một quả cầu nhỏ khối lượng m gắn ở đầu một lò xo nằm ngang, đầu kia của lò xo được giữ cố định (Hình 36.1). Cùng với một đầu lò xo, quả cầu di chuyển theo phương ngang. Bỏ qua các lực cản. Chọn trục x trùng với phương chuyển động của hệ, gốc O tại vị trí cân bằng của đầu tự do của lò xo (khi lò xo không biến dạng).



Hình 36.1 Con lắc lò xo

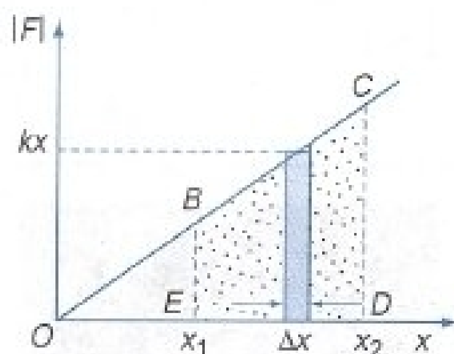
Toạ độ x của quả cầu bằng giá trị đại số của độ biến dạng của lò xo, tức là vừa xác định độ lớn, vừa cho biết chiều của biến dạng.

x cũng chính là độ biến dạng Δl được tính từ gốc O đã chọn.

Như đã biết ở bài 19, lực đàn hồi xuất hiện khi lò xo biến dạng, ngược chiều với độ biến dạng và có độ lớn tỉ lệ thuận với độ biến dạng :

$$F = -kx \quad (36.1)$$

Ta hãy tính công do lực đàn hồi thực hiện khi lò xo biến dạng và đầu lò xo có gắn quả cầu di chuyển từ vị trí x_1 đến vị trí x_2. Vì lực đàn hồi thay đổi theo độ biến dạng, nên ta chia nhỏ độ biến dạng toàn phần thành những đoạn biến dạng vô cùng nhỏ Δx sao cho tương ứng với độ biến dạng này lực đàn hồi được coi là không đổi.



Hình 36.2 Đồ thị để tính công của lực đàn hồi

C2 Dựa vào công thức (36.2), hãy chứng tỏ khi giảm biến dạng của lò xo, công của lực đàn hồi là công phát động và khi tăng biến dạng, công của lực đàn hồi là công cản.

Công nguyên tố do lực đàn hồi thực hiện trên một đoạn biến dạng Δx có giá trị :

$$\Delta A = F\Delta x = -kx\Delta x$$

Công toàn phần bằng tổng của tất cả các công nguyên tố. Ta có thể dùng phương pháp đồ thị để tính công toàn phần này. Trên Hình 36.2, công nguyên tố được biểu diễn bằng diện tích dải chữ nhật màu xanh có hai cạnh là kx và Δx. Cộng tất cả các diện tích nguyên tố trong phạm vi giới hạn trên trục x từ giá trị x_1 đến giá trị x_2, ta được công toàn phần A_{12}, công này có giá trị bằng diện tích hình thang $BCDE$, cũng bằng hiệu diện tích hai tam giác OCD và OBE :

$$A_{12} = \sum \Delta A = -\left(\frac{kx_2x_2}{2} - \frac{kx_1x_1}{2}\right)$$

hay :

$$A_{12} = \frac{kx_1^2}{2} - \frac{kx_2^2}{2} \qquad (36.2)$$

Công này chỉ phụ thuộc các độ biến dạng đầu và cuối của lò xo, vậy *lực đàn hồi cũng là lực thế.*

2. Thế năng đàn hồi

Để có công thức giống như (35.3), ta có thể định nghĩa thế năng đàn hồi của lò xo bằng biểu thức :

$$W_{dh} = \frac{kx^2}{2} \qquad (36.3)$$

và viết (36.2) thành :

$$A_{12} = W_{dh_1} - W_{dh_2} \qquad (36.4)$$

Công của lực đàn hồi bằng độ giảm thế năng đàn hồi.

Thế năng đàn hồi cũng được xác định sai kém một hằng số cộng tuỳ theo cách chọn gốc toạ độ ứng với vị trí cân bằng (như đã chứng minh với thế năng trọng trường).

Đơn vị của thế năng đàn hồi cũng là jun (J).

Ghi chú : Nếu tính thế năng của quả cầu dưới tác dụng của lực đàn hồi thì cũng được biểu thức (36.3). Thế năng của quả cầu dưới tác dụng của lực đàn hồi cũng là thế năng đàn hồi.

CÂU HỎI

1. Nêu đặc điểm của lực đàn hồi và công thức xác định nó.
2. Tính công mà lực đàn hồi thực hiện trong biến dạng của lò xo. Công này liên hệ với độ biến thiên thế năng đàn hồi như thế nào ?
3. Viết biểu thức của thế năng đàn hồi. Nêu các tính chất của thế năng này.

BÀI TẬP

1. Cho một lò xo nằm ngang ở trạng thái ban đầu không bị biến dạng. Khi tác dụng một lực F = 3 N kéo lò xo cũng theo phương ngang, ta thấy nó dãn được 2 cm.

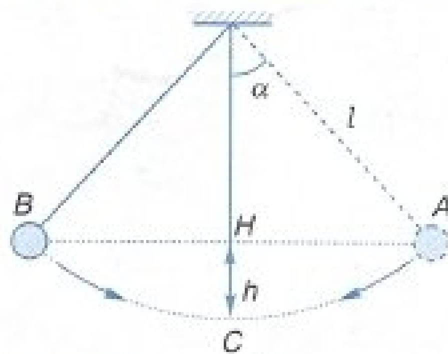
   a) Tìm độ cứng của lò xo.

   b) Xác định giá trị thế năng đàn hồi của lò xo khi nó dãn được 2 cm.

   c) Tính công do lực đàn hồi thực hiện khi lò xo được kéo dãn thêm từ 2 cm đến 3,5 cm. Công này dương hay âm ? Giải thích ý nghĩa. Bỏ qua mọi lực cản.

2. Giữ một vật khối lượng 0,25 kg ở đầu một lò xo đặt thẳng đứng với trạng thái ban đầu chưa bị biến dạng. Ấn cho vật đi xuống làm lò xo bị nén một đoạn 10 cm. Tìm thế năng tổng cộng của hệ vật – lò xo tại vị trí này. Lò xo có độ cứng 500 N/m và bỏ qua khối lượng của nó. Cho g = 10 m/s^2 và chọn mức không của thế năng tại vị trí lò xo không biến dạng.

37 ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN CƠ NĂNG



Hình 37.1 Con lắc đơn

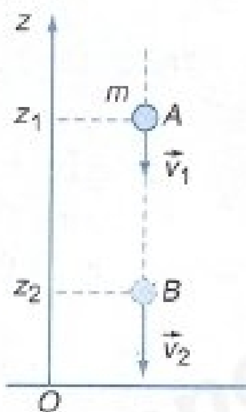
Chuyển động của con lắc đơn được gọi là dao động.

Ta hãy quan sát chuyển động của con lắc đơn gồm một vật nhỏ có khối lượng m treo ở đầu một sợi dây không dãn chiều dài l, đầu kia của dây được giữ cố định (Hình 37.1). Đưa vật lên một độ cao xác định rồi thả cho vật chuyển động tự do. Ta thấy vật đi qua vị trí cân bằng (ứng với phương thẳng đứng của dây), tiếp tục đi lên chậm dần và dừng lại ở một độ cao bằng độ cao ban đầu. Sau đó, vật lại đi xuống qua vị trí cân bằng, tiếp tục đi lên,...

Trong quá trình chuyển động, động năng và thế năng của vật trong trọng trường liên tiếp thay đổi. Trong bài này ta sẽ xét xem có mối quan hệ gì giữa độ biến thiên của hai dạng năng lượng này.

1. Thiết lập định luật

a) Trường hợp trọng lực



Hình 37.2 Vật đang rơi tự do trong trọng trường

Xét một vật khối lượng m rơi tự do, lần lượt qua hai vị trí A và B tương ứng với các độ cao z_1 và z_2, tại đó vật có vận tốc tương ứng là $\vec{v}_1$ và $\vec{v}_2$ (Hình 37.2).

Áp dụng định lí động năng, ta có công do trọng lực thực hiện bằng độ tăng động năng của vật :

$$A_{12} = W_{d_2} - W_{d_1} = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} \qquad (37.1)$$

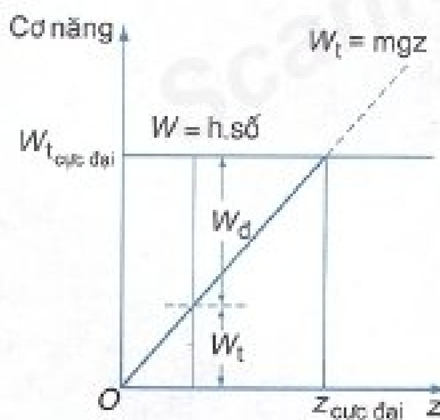
Mặt khác, công này lại bằng độ giảm thế năng của vật trong trọng trường :

$$A_{12} = W_{t_1} - W_{t_2} = mgz_1 - mgz_2 \qquad (37.2)$$

So sánh (37.1) và (37.2) ta được :

$$W_{d_1} + W_{t_1} = W_{d_2} + W_{t_2} \text{ ; hay}$$

$$\frac{mv_1^2}{2} + mgz_1 = \frac{mv_2^2}{2} + mgz_2 \qquad (37.3)$$



Hình 37.3

Đồ thị biểu diễn định luật bảo toàn cơ năng :

$$W = W_đ + W_t = \text{hằng số}$$

hoặc $\Delta W_đ = -\Delta W_t$

Giá trị động năng tăng bao nhiêu thì thế năng giảm bấy nhiêu và ngược lại.

Các giá trị của vận tốc v và độ cao z tại các vị trí đầu và cuối trong chuyển động là bất kì, do đó tổng động năng và thế năng trong trọng trường của vật là không đổi (Hình 37.3). Định nghĩa tổng động năng và thế năng là *cơ năng* của vật, ta có định luật bảo toàn cơ năng phát biểu như sau :

Trong quá trình chuyển động, nếu vật chỉ chịu tác dụng của trọng lực, động năng có thể chuyển thành thế năng và ngược lại, và tổng của chúng, tức là cơ năng của vật, được bảo toàn (không đổi theo thời gian).

b) Trường hợp lực đàn hồi

Ta trở lại ví dụ con lắc lò xo trong bài trước. Dưới tác dụng của lực đàn hồi, vật gắn ở đầu lò xo thực hiện dao động quanh vị trí cân bằng (Hình 37.4a). Lực đàn hồi là lực thế, do đó ta có thể áp dụng cách lập luận tương tự với trường hợp trọng lực để suy ra định luật bảo toàn cơ năng.

Trong quá trình chuyển động, khi động năng của vật tăng thì thế năng đàn hồi giảm và ngược lại, nhưng tổng động năng và thế năng, tức là cơ năng của vật, thì luôn bảo toàn (Hình 37.4b).

Ta có :

$$W = W_đ + W_{đh} = \frac{mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \text{hằng số} \quad (37.4)$$

Vật ở vị trí biên phải :

$$W_đ = 0, W_{đh} \text{ cực đại}$$

Vật qua vị trí cân bằng :

$$W_đ \text{ cực đại}, W_{đh} = 0$$

Vật ở vị trí biên trái :

$$W_đ = 0, W_{đh} \text{ cực đại}$$

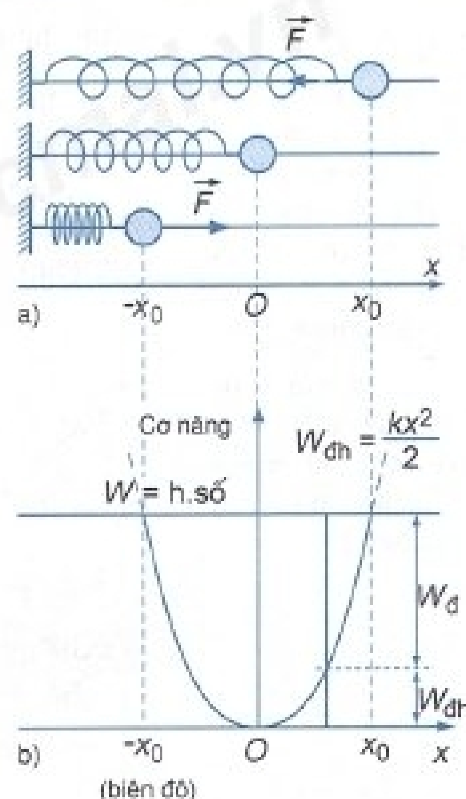
c) Áp dụng cách lập luận trên với một vật chuyển động trong trường lực thế bất kì, ta có thể đi đến kết luận tổng quát :

Cơ năng của một vật chỉ chịu tác dụng của những lực thế luôn được bảo toàn.

C1 Một vật được thả rơi tự do từ độ cao h xuống đất. Hãy áp dụng định luật bảo toàn cơ năng để chứng tỏ rằng vận tốc của vật khi chạm đất là :

$$v = \sqrt{2gh}$$

Thế năng của vật trong trọng trường cũng là *thế năng của hệ vật – Trái Đất*. Trong tương tác với vật, Trái Đất có khối lượng rất lớn nên coi như đứng yên (có động năng bằng 0). Vì lẽ đó cơ năng của hệ vật – Trái Đất cũng là cơ năng của vật trong trọng trường. Có thể phát biểu : "***Cơ năng của hệ vật – Trái Đất (hệ kín, tương tác bằng lực thế) được bảo toàn***".



Hình 37.4

Đồ thị biểu diễn định luật bảo toàn cơ năng :

$$W = W_đ + W_{đh} = \text{hằng số}$$

C2 Có thể áp dụng định luật bảo toàn cơ năng cho chuyển động của con lắc đơn (Hình 37.1) được không ?

2. Biến thiên cơ năng. Công của lực không phải lực thế

Khi ngoài lực thế, vật còn chịu tác dụng của lực không phải lực thế, ví dụ lực ma sát (hay lực cản nói chung), cơ năng của vật sẽ không bảo toàn. Ta hãy tìm độ biến thiên cơ năng của vật trong trường hợp này.

Theo định lí động năng, ta có tổng công của các lực tác dụng bằng độ biến thiên động năng của vật khi vật di chuyển từ vị trí 1 đến vị trí 2 :

$$A_{12} \text{ (lực không thế)} + A_{12} \text{ (lực thế)} = W_{đ_2} - W_{đ_1} \quad (37.5)$$

Mặt khác, ta còn có thể tính công của lực thế theo độ biến thiên thế năng :

$$A_{12} \text{ (lực thế)} = W_{t_1} - W_{t_2} \quad (= -\Delta W_t) \quad (37.6)$$

Khi nói cơ năng không bảo toàn, ta cần hiểu là một phần cơ năng đã chuyển hoá thành dạng năng lượng khác nhưng giá trị năng lượng chung thì vẫn không thay đổi.

Đó là nội dung định luật quan trọng nhất của tự nhiên, định luật bảo toàn năng lượng.

Phối hợp (37.5) và (37.6) :

$$A_{12} \text{ (lực không thế)} = W_{đ_2} - W_{đ_1} - (W_{t_1} - W_{t_2})$$

$$= (W_{đ_2} + W_{t_2}) - (W_{đ_1} + W_{t_1})$$

hay :

$$A_{12} \text{ (lực không thế)} = W_2 - W_1 = \Delta W \quad (37.7)$$

Kết quả trên được phát biểu tổng quát như sau :

Khi ngoài lực thế vật còn chịu tác dụng của lực không phải lực thế, cơ năng của vật không bảo toàn và công của lực này bằng độ biến thiên cơ năng của vật.

3. Bài tập vận dụng

Bài 1

Xét con lắc đơn như ở Hình 37.1.

Thả cho con lắc chuyển động tự do từ vị trí mà dây hợp với phương thẳng đứng một góc α. Tìm vận tốc của con lắc ở điểm thấp nhất (điểm C).

Bài giải

Ta thấy khó giải bài toán bằng định luật II Niu-tơn vì hợp lực của trọng lực $\vec{P}$ và lực căng dây $\vec{T}$ tác dụng lên vật luôn biến đổi trong quá trình vật chuyển động. Nhưng có thể áp dụng định luật bảo toàn cơ năng vì trong trường hợp này, chỉ có trọng lực $\vec{P}$ sinh công, còn lực căng $\vec{T}$ của dây không thực hiện công do có phương vuông góc với độ dời tại mọi vị trí.

Chọn C làm mốc để tính độ cao của vật. Ban đầu, vật A có độ cao so với C là $HC = h = l(1 - \cos\alpha)$, tại đó vật có thế năng $W_t = mgl(1 - \cos\alpha)$, còn động năng thì bằng 0. Khi tới C, thế năng triệt tiêu và động năng bằng $\frac{mv^2}{2}$. Định luật bảo toàn cơ năng cho ta :

$$\frac{mv^2}{2} = mgl(1 - \cos\alpha)$$

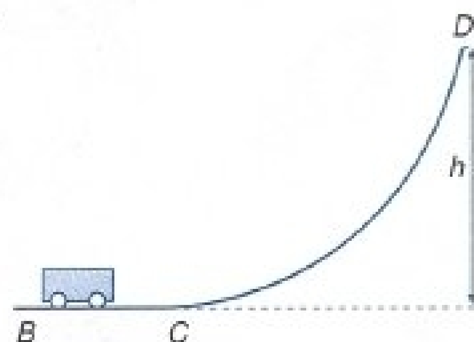
Ta suy ra vận tốc của vật tại điểm thấp nhất C, cũng là vận tốc cực đại :

$$v = \sqrt{2gl(1 - \cos\alpha)}$$

Chú ý : Nếu muốn tìm lực căng T của dây treo con lắc thì vẫn phải áp dụng định luật II Niu-tơn. Cho nên phương pháp dùng định luật bảo toàn là đơn giản nhưng không thay thế hoàn toàn được phương pháp động lực học. Hai phương pháp này bổ sung cho nhau.

Bài 2

Một xe lăn nhỏ chạy trên đường ray từ trạng thái nghỉ, thoạt đầu trên một đoạn nằm ngang $BC = 1$ m, sau đó theo một đường cong lên phía trên cao (Hình 37.5). Trên quãng đường BC,



Hình 37.5

xe chịu tác dụng của lực không đổi $F = 120$ N cùng chiều với chuyển động. Biết khối lượng của xe là $m = 5$ kg.

a) Tính động năng của xe tại điểm C.

b) Tìm độ cao cực đại h so với mặt nằm ngang mà xe đạt tới nếu bỏ qua ma sát.

c) Vì có ma sát nên xe chỉ lên tới độ cao $h' = 1,8$ m. Hãy tìm công của lực ma sát.

Bài giải

a) Trên độ dời BC, chỉ có lực $\vec{F}$ thực hiện công (trọng lực có phương vuông góc với độ dời và bỏ qua ma sát). Áp dụng định lí động năng, ta có :

$$A_{BC} = F.BC = W_{đ_C} - W_{đ_B} = W_{đ_C} \qquad (v_B = 0)$$

Từ đó :

$$W_{đ_C} = 120.1 = 120 \text{ J}$$

b) Nếu không có lực ma sát, cơ năng của xe được bảo toàn trong quá trình xe chuyển động từ C tới điểm cao nhất D. Nếu kí hiệu vị trí 1 tại điểm C, vị trí 2 tại điểm D mà tại đó $v = 0$, ta có đẳng thức của định luật bảo toàn cơ năng :

$$W_{đ_1} + W_{t_1} = W_{đ_2} + W_{t_2}$$

Chọn mức không của thế năng trọng trường tại mặt phẳng ngang, đẳng thức trên trở thành :

$$W_{đ_1} = W_{t_2} = mgh$$

Do đó : $$h = \frac{W_{đ_1}}{mg} = \frac{120}{50} = 2,4 \text{ m}$$

c) Nếu có ma sát, ta phải kể thêm công của lực ma sát và công này bằng độ biến thiên cơ năng của xe :

$$A_{ms} = \Delta W = W'_{t_2} - W_{đ_1}$$

$$= mgh' - W_{đ_1} = 50.1,8 - 120 = -30 \text{ J}$$

CÂU HỎI

1. Thế nào là cơ năng của một vật ? Cho ví dụ.
2. Thiết lập định luật bảo toàn cơ năng trong trường hợp trọng lực.
3. Viết định luật bảo toàn cơ năng cho trường hợp lực đàn hồi của lò xo. Suy rộng cho trường lực thế bất kì.

BÀI TẬP

1. Một quả bóng được ném với một vận tốc đầu xác định. Đại lượng nào không đổi trong khi quả bóng chuyển động ?

   A. Thế năng. B. Động lượng.

   C. Động năng. D. Gia tốc.

2. Một hòn bi có khối lượng 20 g được ném thẳng đứng lên cao với vận tốc 4 m/s từ độ cao 1,6 m so với mặt đất.

   a) Tính trong hệ quy chiếu mặt đất các giá trị động năng, thế năng và cơ năng của hòn bi tại lúc ném vật.

   b) Tìm độ cao cực đại mà bi đạt được.

3. Một con lắc đơn có chiều dài l = 1 m. Kéo cho dây làm với đường thẳng đứng góc $\alpha = 45^{0}$ rồi thả tự do. Tìm vận tốc của con lắc khi nó đi qua :

   a) vị trí ứng với góc 30^{0} ;

   b) vị trí cân bằng.

4. Một vật được ném từ mặt đất với vận tốc 10 m/s hướng chếch lên phía trên, với các góc ném hợp với phương nằm ngang lần lượt là 30^{0} và 60^{0}. Bỏ qua sức cản của không khí.

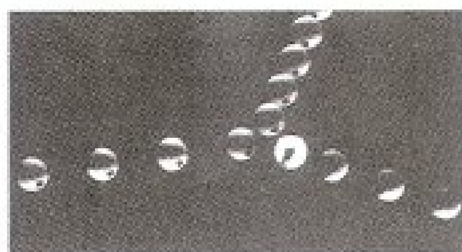
   a) Vận tốc chạm đất của vật trong mỗi lần ném thay đổi ra sao ?

   b) Độ cao cực đại mà vật đạt được trong mỗi trường hợp bằng bao nhiêu ?

   Hướng dẫn : Dùng định luật bảo toàn cơ năng để giải, có kết hợp với phương pháp động lực học.

38 VA CHẠM ĐÀN HỒI VÀ KHÔNG ĐÀN HỒI

Va chạm cơ học là một hiện tượng, trong đó hai vật gặp nhau trong chuyển động tương đối và tương tác qua tiếp xúc trực tiếp. Theo nghĩa thông thường, va chạm có nhiều dạng : hai hòn bi-a bắn vào nhau, búa đóng đinh, vợt đập vào bóng,... Trong bài này, ta chỉ xét bài toán va chạm giữa hai vật mà sau đó vận tốc mỗi vật bị thay đổi (Hình 38.1). Coi hai vật va chạm là một hệ, ta sẽ vận dụng những định luật bảo toàn đối với hệ kín để khảo sát sự va chạm.



Hình 38.1 Ảnh chụp quá trình va chạm giữa hai hòn bi (hòn bi trắng lúc đầu nằm yên)

1. Phân loại va chạm

Khi va chạm, tương tác giữa hai vật xảy ra trong một thời gian rất ngắn. Trong khoảng thời gian đó, xuất hiện các nội lực rất lớn (được gọi là lực xung) làm thay đổi đột ngột động lượng của mỗi vật. Vì các nội lực của hệ rất lớn nên người ta có thể bỏ qua các ngoại lực thông thường (như trọng lực) và coi hệ hai vật là hệ kín trong thời gian va chạm. Do đó, đối với tất cả các va chạm, có thể vận dụng định luật bảo toàn động lượng : *tổng động lượng của hai vật trước và sau va chạm thì bằng nhau.*

Khi hai vật va chạm, có thể xuất hiện biến dạng đàn hồi trong khoảng thời gian rất ngắn, nhưng sau đó từng vật lại trở về hình dạng ban đầu và *động năng toàn phần không thay đổi,* hai vật tiếp tục chuyển động tách rời nhau với vận tốc riêng biệt. Va chạm như thế được gọi là *va chạm đàn hồi.*

Trường hợp sau va chạm, hai vật dính vào nhau thành một khối chung và chuyển động với cùng một vận tốc thì va chạm được gọi là *va chạm mềm* hay hoàn toàn không đàn hồi. Do biến dạng không được phục hồi, một phần động năng của hệ đã chuyển thành nội năng (toả nhiệt) và *tổng động năng không được bảo toàn.*

Trong thực tế, các va chạm thường ở giữa hai trường hợp giới hạn nói trên.

Dưới đây ta sẽ xét lần lượt mỗi loại va chạm.

2. Va chạm đàn hồi trực diện

Va chạm của hai quả cầu rắn, nhẵn (hoặc hai hòn bi) trên một mặt phẳng có thể coi là đàn hồi. Trong phạm vi kiến thức phổ thông, để đơn giản ta chỉ xét trường hợp va chạm trực diện, nghĩa là các tâm của hai quả cầu trước và sau va chạm luôn chuyển động trên cùng một đường thẳng (ví dụ ta chọn là trục Ox) vì thế còn gọi là va chạm xuyên tâm (Hình 38.2).

Giả sử m_1 và m_2 là khối lượng của các quả cầu, v_1 và v_2 là vận tốc của chúng trước va chạm. Ta cần tìm các vận tốc v_1' và v_2' sau va chạm. Lưu ý rằng v_1, v_2, v_1', v_2' là giá trị đại số của các vận tốc, tất cả các vận tốc đều có cùng phương trên trục Ox.

Va chạm là đàn hồi nên có thể áp dụng cả sự bảo toàn động lượng và động năng.

Theo định luật bảo toàn động lượng :

$$m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v_1' + m_2v_2' \qquad (38.1)$$

Do động năng được bảo toàn nên ta có :

$$\frac{m_1v_1^2}{2} + \frac{m_2v_2^2}{2} = \frac{m_1v_1'^2}{2} + \frac{m_2v_2'^2}{2} \qquad (38.2)$$

Có thể biến đổi (38.1) thành :

$$m_1(v_1 - v_1') = m_2(v_2' - v_2) \qquad (38.3)$$

và (38.2) thành :

$$m_1(v_1^2 - v_1'^2) = m_2(v_2'^2 - v_2^2) \qquad (38.4)$$

Giả thiết rằng $v_1 \neq v_1'$, khi đó có thể chia (38.4) cho (38.3) và thu được :

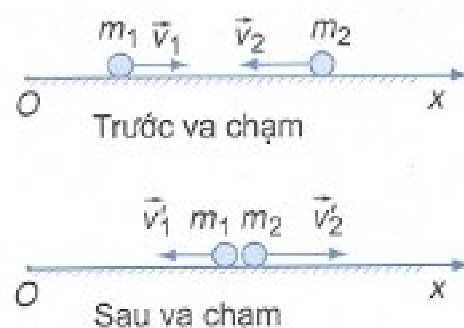
$$v_1 + v_1' = v_2 + v_2' \qquad (38.5)$$

Rút $v_2' = v_1 + v_1' - v_2$ và thay vào (38.3), ta tính được vận tốc của từng quả cầu sau va chạm :

$$v_1' = \frac{(m_1 - m_2)v_1 + 2m_2v_2}{m_1 + m_2}$$

$$v_2' = \frac{(m_2 - m_1)v_2 + 2m_1v_1}{m_1 + m_2} \qquad (38.6)$$

C1 Tìm hai ví dụ khác về va chạm đàn hồi ngoài các ví dụ đã nêu ở phần đầu bài.



Hình 38.2

Biến đổi (38.5) thành

$v_1 - v_2 = -(v_1' - v_2')$

ta được một kết quả : Trong va chạm đàn hồi, *vận tốc tương đối* của hai vật giữ nguyên giá trị tuyệt đối, nhưng đổi chiều.

Ta hãy xét một số trường hợp riêng.

• *Hai quả cầu có khối lượng bằng nhau*

Nếu $m_1 = m_2$ thì (38.6) trở thành $v'_1 = v_2$ và $v'_2 = v_1$. Ta thấy có sự *trao đổi* vận tốc, sau va chạm quả cầu 1 nhận vận tốc trước va chạm của quả cầu 2, còn quả cầu 2 nhận vận tốc trước va chạm của quả cầu 1.

• *Hai quả cầu có khối lượng rất chênh lệch*

Giả sử $m_1 \gg m_2$ và $v_1 = 0$ ta có thể biến đổi gần đúng công thức (38.6) với $\frac{m_2}{m_1} \approx 0$ và được $v'_1 = 0$, $v'_2 = -v_2$.

Đó là trường hợp bắn một hòn bi nhỏ vào một quả tạ sắt có khối lượng lớn hơn rất nhiều, đang nằm yên. Hòn bi nhỏ sẽ bị bật lùi trở lại với tốc độ trước va chạm, còn quả tạ vẫn không chuyển động.

C2 Tìm hai ví dụ khác về va chạm mềm, ngoài các ví dụ đã nêu ở phần đầu bài.

3. Va chạm mềm

Một viên đạn có khối lượng m được bắn theo phương ngang vào con lắc là một thùng cát có khối lượng M treo ở đầu một sợi dây. Sau khi viên đạn xuyên vào thùng cát, nó mắc lại ở trong đó và chuyển động cùng thùng cát với vận tốc V. Ta hãy tính độ biến thiên động năng của hệ đạn – thùng cát trước và ngay sau va chạm.

Áp dụng định luật bảo toàn động lượng :

$$mv = (M + m)V$$

trong đó v là vận tốc của đạn trước va chạm, V là vận tốc của thùng cát (có viên đạn nằm trong) ngay sau va chạm. Từ đó tìm được độ biến thiên động năng của hệ :

$$\Delta W_đ = W_{đ_2} - W_{đ_1} = \frac{M+m}{2}\left(\frac{mv}{M+m}\right)^2 - \frac{mv^2}{2}$$

$$= \left(\frac{m}{M+m} - 1\right)\frac{mv^2}{2} = \left(\frac{m}{M+m} - 1\right)W_{đ_1} = -\frac{M}{M+m}W_{đ_1} < 0$$

$\Delta W_đ < 0$, chứng tỏ động năng đã giảm một lượng trong va chạm. Lượng này chuyển hoá thành các dạng năng lượng khác, như nhiệt toả ra...

4. Bài tập vận dụng

Bắn một hòn bi thuỷ tinh có khối lượng m với vận tốc v_1 vào một hòn bi thép đứng yên có khối lượng $3m$. Tính các vận tốc của hai hòn bi sau va chạm, biết va chạm là trực diện và đàn hồi.

Bài giải

Lấy chiều dương là chiều của v_1, áp dụng công thức (38.6), ta được :

$$v_1' = \frac{(m-3m)v_1}{m+3m} = -\frac{v_1}{2} \; ; \; v_2' = \frac{2mv_1}{m+3m} = \frac{v_1}{2}$$

Kết quả : Sau va chạm, hòn bi thuỷ tinh bật ngược trở lại, hòn bi thép bị đẩy đi, cả hai vận tốc đều có giá trị tuyệt đối bằng $\frac{v_1}{2}$.

CÂU HỎI

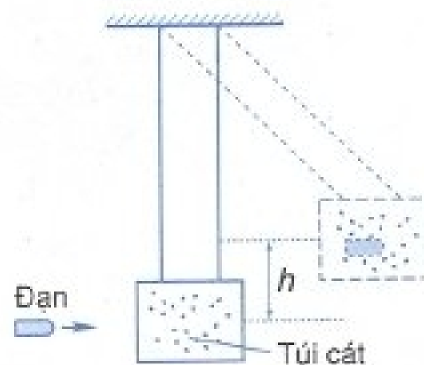
1. Va chạm là gì ? Tại sao hệ hai vật va chạm có thể coi là hệ kín ?
2. Phân biệt va chạm đàn hồi và va chạm mềm.
3. Tìm công thức xác định các vận tốc sau va chạm đàn hồi. Quan sát và giải thích trò chơi bắn bi của trẻ em (với điều kiện bắn xuyên tâm).

BÀI TẬP

1. Đảo ngược bài tập vận dụng trên bằng cách bắn trực diện hòn bi thép vào hòn bi thuỷ tinh đang đứng yên. Khối lượng hòn bi thép vẫn bằng 3 lần khối lượng hòn bi thuỷ tinh. Tìm vận tốc của hai hòn bi sau va chạm.
2. Trên mặt phẳng ngang, một hòn bi khối lượng 15 g chuyển động sang phải với vận tốc 22,5 cm/s va chạm trực diện đàn hồi với một hòn bi khối lượng 30 g đang chuyển động sang trái với vận tốc 18 cm/s. Sau va chạm, hòn bi nhẹ hơn chuyển động sang trái (đổi chiều) với vận tốc 31,5 cm/s. Tìm vận tốc của hòn bi nặng sau va chạm. Bỏ qua ma sát. Kiểm tra lại và xác nhận tổng động năng được bảo toàn.
3. Bắn một viên đạn khối lượng m = 10 g với vận tốc v vào một túi cát được treo nằm yên có khối lượng M = 1 kg. Va chạm là mềm, đạn mắc lại trong túi cát và chuyển động cùng với túi cát.

   a) Sau va chạm, túi cát được nâng lên độ cao h = 0,8 m so với vị trí cân bằng ban đầu (Hình 38.3). Hãy tìm vận tốc của đạn (túi cát được gọi là con lắc thử đạn vì nó cho phép xác định vận tốc của đạn).

   b) Bao nhiêu phần trăm động năng ban đầu đã chuyển thành nhiệt lượng và các dạng năng lượng khác ?



Hình 38.3

39 BÀI TẬP VỀ CÁC ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN

1. Định luật bảo toàn động lượng

Tổng động lượng của hệ kín không đổi trước và sau tương tác.

a) Nếu các vectơ vận tốc cùng phương, ta quy ước chiều dương và lập phương trình đại số để giải.

b) Nếu các vectơ vận tốc khác phương, ta phải vẽ giản đồ vectơ động lượng để từ đó xác định độ lớn và hướng của các vận tốc bằng phương pháp hình học.

Các vận tốc phải xét trong cùng một hệ quy chiếu.

2. Định luật bảo toàn cơ năng

2. Định luật bảo toàn cơ năng (cho vật chịu tác dụng của lực thế) : Cơ năng có giá trị không đổi. Độ tăng (hoặc giảm) của động năng bằng độ giảm (hoặc tăng) của thế năng.

Nếu ngoài lực thế, còn có lực khác (không phải lực thế) tác dụng lên vật, thì cơ năng của vật không bảo toàn và công của lực đó bằng độ biến thiên cơ năng của vật.

3. Bài toán va chạm

Thường kết hợp cả hai định luật bảo toàn trên. Riêng với va chạm mềm thì chỉ định luật bảo toàn động lượng được thoả mãn.

Bài 1

Một thuyền có chiều dài $L = 5,6$ m, khối lượng $M = 80$ kg chở một người có khối lượng $m = 52$ kg, cả hai ban đầu đứng yên trên mặt hồ phẳng lặng. Nếu người bước từ mũi thuyền đến đuôi thuyền thì thuyền dịch chuyển so với nước được độ dời bằng bao nhiêu và theo chiều nào ? Bỏ qua sức cản của nước.

Bài giải

Hệ người – thuyền được coi là hệ kín vì trọng lực và lực đẩy Ác-si-mét cân bằng với nhau. Gọi v là vận tốc của người đối với

thuyền, V là vận tốc của thuyền đối với nước, từ đó vận tốc của người đối với nước là $v + V$, các vận tốc đều có cùng phương nằm ngang. Áp dụng định luật bảo toàn động lượng cho hệ kín, ta có :

$$m(v + V) + MV = 0$$

Suy ra

$$\frac{V}{v} = -\frac{m}{M + m}$$

Dấu – chứng tỏ vận tốc của người đối với thuyền và vận tốc của thuyền đối với nước có chiều ngược nhau.

Thời gian để người đi từ đầu đến cuối thuyền cũng là thời gian để thuyền dịch chuyển được độ dời s :

$$t = \frac{L}{v} = \frac{s}{V}$$

Từ đó ta tìm được : $s = \frac{V}{v}L = -\frac{m}{M + m}L$

Thay số : $s = -\frac{52}{80 + 52}.5,6 = -2,2$ m

Dấu – chứng tỏ thuyền chuyển động ngược chiều với người.

Bài 2

Một quả cầu có khối lượng $M = 300$ g nằm ở mép bàn. Một viên đạn có khối lượng $m = 10$ g bắn theo phương ngang đúng vào tâm quả cầu, xuyên qua nó và rơi cách mép bàn ở khoảng cách nằm ngang $s_2 = 15$ m, còn quả cầu thì rơi cách mép bàn ở khoảng cách $s_1 = 6$ m. Biết chiều cao của bàn so với mặt đất là $h = 1$ m. Tìm :

a) Vận tốc ban đầu của đạn.

b) Biến thiên động năng của hệ trong va chạm.

Bài giải

a) Áp dụng công thức chuyển động của vật được ném ngang từ một độ cao h so với mặt đất, ta có :

$$s = vt = v\sqrt{\frac{2h}{g}} \text{ hay } v = s\sqrt{\frac{g}{2h}}$$

Thay số, ta tìm được vận tốc của quả cầu sau va chạm :

$$v_1 = s_1\sqrt{\frac{g}{2h}} = 6\sqrt{\frac{9,8}{2.1}} = 13,3 \text{ m/s}$$

và vận tốc của đạn sau va chạm :

$$v_2 = s_2\sqrt{\frac{g}{2h}} = 15\sqrt{\frac{9,8}{2.1}} = 33,2 \text{ m/s}$$

Gọi u là vận tốc ban đầu của đạn, áp dụng định luật bảo toàn động lượng theo phương ngang cho hệ đạn và quả cầu, ta có :

$$mu = Mv_1 + mv_2$$

suy ra :

$$u = \frac{M}{m}v_1 + v_2 = \frac{0,3}{0,01}.13,3 + 33,2 = 432,2 \text{ m/s}$$

b) Ta tính biến thiên động năng của hệ trong quá trình va chạm :

$$\Delta W_đ = W_{đ_2} - W_{đ_1} = \frac{Mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mu^2}{2}$$

$$= 26,5 + 5,5 - 933 = -901 \text{ J}$$

Độ giảm động năng này chuyển thành nhiệt lượng toả ra sau va chạm.

Bài 3

Một người nặng 650 N thả mình rơi tự do từ cầu nhảy ở độ cao 10 m xuống nước.

a) Tìm vận tốc của người ở độ cao 5 m và khi chạm nước. Lấy g = 10 m/s^2.

b) Nếu người đó nhảy khỏi cầu với vận tốc ban đầu $v_0 = 2$ m/s thì khi chạm nước, vận tốc sẽ là bao nhiêu ?

c) Với điều kiện ở câu b), sau khi chạm nước, người chuyển động thêm được một độ dời $s = 3$ m trong nước theo phương thẳng đứng thì dừng. Tính độ biến thiên cơ năng của người.

Bài giải

a) Vận tốc rơi tự do của người ở độ cao 5 m :

$$v_1 = \sqrt{2gh_1} = \sqrt{2.10.5} = 10 \text{ m/s}$$

và khi chạm nước :

$$v_2 = \sqrt{2gh_2} = \sqrt{2.10.10} = 14,14 \text{ m/s}.$$

b) Chọn mức không của thế năng trọng trường tại mặt nước, áp dụng định luật bảo toàn cơ năng cho người, ta có :

$$\Delta W_d = -\Delta W_t$$

$$\frac{mv_2'^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = mgh_2 - 0$$

$$v_2'^2 = v_0^2 + 2gh_2$$

Thay số : $v_2'^2 = 4 + 2.10.10 = 204$

$$v_2' = 14,28 \text{ m/s}$$

c) Khi người chuyển động trong nước, công của lực cản tác dụng lên người bằng độ biến thiên cơ năng của người :

$$A_{\text{cản}} = \Delta W = (-mgs) - \frac{mv_2'^2}{2} = -\left(650.3 + \frac{65.204}{2}\right)$$

Kết quả :

$$A_{\text{cản}} = -8\,580 \text{ J}$$

Biến thiên cơ năng có giá trị âm, chứng tỏ cơ năng của người giảm.

Bài 4

Một vận động viên nhảy cao trong một lần thi đấu đã vượt qua xà ở độ cao 1,95 m. Người này có khối lượng $m = 72$ kg với vị trí trọng tâm của mình ở cách mặt đất 1 m.

a) Khi người nhảy qua xà, trọng tâm của người cao hơn xà 10 cm. Hỏi độ biến thiên thế năng của người trong quá trình nhảy bằng bao nhiêu ?

b) Trong khi chạy lấy đà, vận động viên đạt vận tốc $v_1 = 5,5$ m/s ở chân xà. Theo lí thuyết thì người đó có thể đạt tới độ cao nào nếu coi rằng toàn bộ động năng ban đầu chuyển thành thế năng ?

c) Thực tế ở điểm cao nhất mà người đã vượt qua xà, vận tốc theo phương ngang không hoàn toàn triệt tiêu. Hãy tìm giá trị vận tốc v_2 đó.

Bài giải

a) Gọi h_1 là độ cao của trọng tâm của người so với mặt đất trước khi nhảy, h_2 là độ cao của trọng tâm khi người vượt qua xà ở tư thế nằm ngang

$$h_1 = 1 \text{ m}, h_2 = 1,95 + 0,1 = 2,05 \text{ m}$$

Độ tăng thế năng bằng :

$$W_{t_2} - W_{t_1} = mg(h_2 - h_1) = 72.9,8.1,05 = 740,9 \text{ J}$$

b) Động năng ban đầu bằng :

$$W_{d_1} = \frac{mv_1^2}{2} = \frac{72.(5,5)^2}{2} = 1\,089 \text{ J}$$

Nếu động năng chuyển hoàn toàn thành thế năng thì trọng tâm của người có thể tăng độ cao đến giá trị cực đại h_{max} với :

$$mgh_{max} = \frac{mv_1^2}{2}$$

hay $$h_{max} = \frac{v_1^2}{2g} = \frac{(5,5)^2}{2.9,8} = 1,54 \text{ m}$$

Người sẽ vượt qua xà với độ cao của trọng tâm ở cách mặt đất

$$H = h_{max} + h_1 = 1,54 + 1 = 2,54 \text{ m}$$

c) Thực tế, trọng tâm của người chỉ đạt được độ cao 2,05 m so với mặt đất. Định luật bảo toàn cơ năng cho ta :

$$W_{d_2} - W_{d_1} = W_{t_1} - W_{t_2}$$

hay : $$W_{d_2} = W_{d_1} - (W_{t_2} - W_{t_1}) = 1\,089 - 740,9 = 348,1 \text{ J}$$

suy ra vận tốc của vận động viên lúc vượt qua xà là :

$$v_2 = \sqrt{\frac{2W_{d_2}}{m}} = \sqrt{\frac{2.348,1}{72}} = 3,1 \text{ m/s}$$

40 CÁC ĐỊNH LUẬT KÊ-PLE CHUYỂN ĐỘNG CỦA VỆ TINH



Kê-ple
(Johannes Kepler, 1571 – 1630, nhà thiên văn học người Đức)

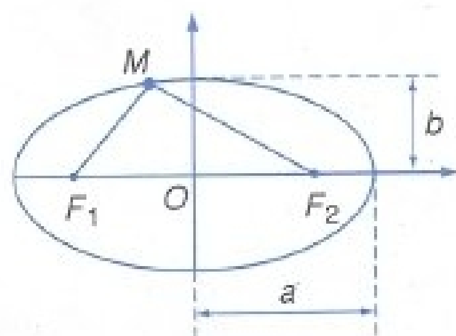
Elip thuộc họ đường cônic, là quỹ tích của những điểm M có tổng khoảng cách đến hai điểm cố định F_1 và F_2 là không đổi.

$$MF_1 + MF_2 = \text{hằng số}$$

1. Mở đầu

Từ xa xưa, con người đã chú ý tìm hiểu những hiện tượng thiên nhiên hằng ngày xảy ra trên bầu trời, như Mặt Trời mọc và lặn, trăng tròn trăng khuyết, thời tiết thay đổi bốn mùa... Vì thế môn Thiên văn học đã ra đời rất sớm, từ thời Cổ Hi Lạp. Từ năm 140 sau Công nguyên, quan điểm của Ptô-lê-mê coi Trái Đất là trung tâm của vũ trụ đã thống trị trong nhiều thế kỉ, mãi cho tới khi thuyết nhật tâm của Cô-péc-níc ra đời (năm 1543). Theo Cô-péc-níc, người đặt nền móng cho Thiên văn học ngày nay, thì Trái Đất chỉ là một trong nhiều hành tinh quay quanh Mặt Trời.

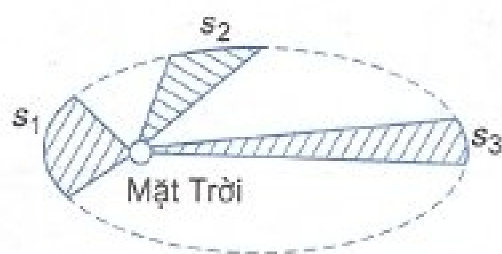
Dựa trên những số liệu quan sát về vị trí của các hành tinh trong nhiều năm, nhà thiên văn học Kê-ple đã tìm ra ba định luật mô tả chính xác quy luật chuyển động của các hành tinh (năm 1619).



Hình 40.1

Mỗi elip có hai trục vuông góc, trên đó người ta xác định các bán trục lớn kí hiệu là a và các bán trục nhỏ kí hiệu là b (Hình 40.1). F_1 và F_2 được gọi là các tiêu điểm của elip, nằm đối xứng trên hai bán trục lớn và ta có đẳng thức sau đây diễn tả định nghĩa của elip nói ở trên :

$$MF_1 + MF_2 = 2a$$



Hình 40.2 "Tốc độ" diện tích của hành tinh bằng hằng số

C1 Từ định luật II Kê-ple, hãy suy ra hệ quả : Khi đi gần Mặt Trời, hành tinh có vận tốc lớn ; khi đi xa Mặt Trời, hành tinh có vận tốc nhỏ.

2. Các định luật Kê-ple

Định luật I. Mọi hành tinh đều chuyển động theo các quỹ đạo elip mà Mặt Trời là một tiêu điểm (Hình 40.2).

Định luật II. Đoạn thẳng nối Mặt Trời và một hành tinh bất kì quét những diện tích bằng nhau trong những khoảng thời gian như nhau.

Định luật III. Tỉ số giữa lập phương bán trục lớn và bình phương chu kì quay là giống nhau cho mọi hành tinh quay quanh Mặt Trời.

$$\frac{a_1^3}{T_1^2} = \frac{a_2^3}{T_2^2} = ... = \frac{a_i^3}{T_i^2} = ... \qquad (40.1)$$

hay đối với hai hành tinh bất kì :

$$\left(\frac{a_1}{a_2}\right)^3 = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 \qquad (40.1')$$

Chứng minh định luật Kê-ple

Dựa vào rất nhiều số liệu quan sát thiên văn, từ năm 1609 đến năm 1619, Kê-ple đã tìm được các định luật mang tên ông. Gần trăm năm sau (1687), khi Niu-tơn đã phát hiện định luật vạn vật hấp dẫn và thiết lập các định luật cơ bản của động lực học, người ta mới chứng minh được các định luật của Kê-ple.

Ta hãy chứng minh định luật thứ ba.

Xét hai hành tinh 1 và 2 của Mặt Trời. Coi quỹ đạo chuyển động của mỗi hành tinh gần đúng là tròn thì gia tốc hướng tâm là :

$$a_{ht} = \frac{v^2}{r} = \frac{4\pi^2}{T^2}r$$

Lực hấp dẫn tác dụng lên hành tinh gây ra gia tốc này. Theo định luật II Niu-tơn, áp dụng đối với hành tinh 1, ta có :

$$F_1 = M_1 a_{ht_1}$$

hay :

$$G\frac{M_1 M_T}{r_1^2} = M_1 \frac{4\pi^2 r_1}{T_1^2}$$

với M_T là khối lượng Mặt Trời,

suy ra :

$$\frac{r_1^3}{T_1^2} = \frac{GM_T}{4\pi^2} \qquad (40.2)$$

Quỹ đạo của các hành tinh trong hệ Mặt Trời đều là những elip *rất gần* với đường tròn, chỉ trừ Thuỷ tinh và Diêm Vương tinh (xem Bảng 1). Do đó, bán trục lớn a của quỹ đạo elip được coi là gần trùng với bán kính r của quỹ đạo tròn.

Kết quả này không phụ thuộc khối lượng của hành tinh, do đó có thể áp dụng cho hành tinh 2 :

$$\frac{r_2^3}{T_2^2} = \frac{GM_T}{4\pi^2} \qquad (40.3)$$

So sánh (40.2) và (40.3), ta tìm được công thức cho định luật III Kê-ple gần đúng là :

$$\frac{r_1^3}{T_1^2} = \frac{r_2^3}{T_2^2}$$

hay chính xác là : $\frac{a_1^3}{T_1^2} = \frac{a_2^3}{T_2^2}$

3. Bài tập vận dụng

Bài 1

Khoảng cách R_1 từ Hoả tinh tới Mặt Trời lớn hơn 52% khoảng cách R_2 giữa Trái Đất và Mặt Trời.

Hỏi một năm trên Hoả tinh bằng bao nhiêu so với một năm trên Trái Đất ?

Bài giải

Một năm là thời gian để hành tinh quay được một vòng quanh Mặt Trời. Gọi T_1 là năm trên Hoả tinh, T_2 là năm trên Trái Đất, ta có :

$$\frac{R_1}{R_2} = 1{,}52 \text{ do đó } \frac{T_1^2}{T_2^2} = (1{,}52)^3$$

$$T_1 = \sqrt{3{,}5}\,T_2 = 1{,}87T_2$$

Bài 2

Tìm khối lượng M_T của Mặt Trời từ các dữ kiện của Trái Đất : khoảng cách tới Mặt Trời $r = 1{,}5.10^{11}$ m, chu kì quay $T = 365.24.3\,600 = 3{,}15.10^7$ s.

Cho hằng số hấp dẫn $G = 6{,}67.10^{-11}$ Nm²/kg².

Bài giải

Từ (40.2) ta rút ra : $M_T = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$

Thay số $M_T = \frac{4(3{,}14)^2(1{,}5.10^{11})^3}{6{,}67.10^{-11}(3{,}15.10^7)^2}$

Kết quả : $M_T = 2.10^{30}$ kg

Suy rộng, ta có thể xác định được khối lượng của một thiên thể nếu biết khoảng cách và chu kì của một vệ tinh bất kì của thiên thể đó.

C2 Mặt Trăng là một vệ tinh của Trái Đất. Hãy thiết lập công thức tính khối lượng của Trái Đất từ bán kính quỹ đạo (coi là tròn) của Mặt Trăng và chu kì quay của Mặt Trăng quanh Trái Đất.

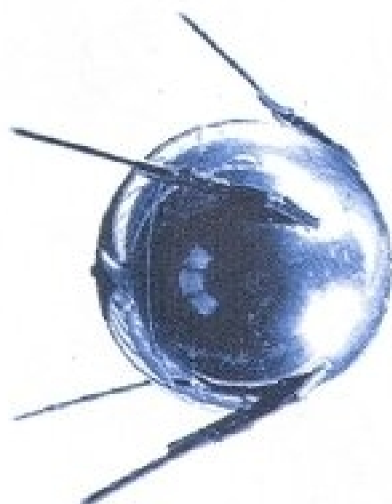
4. Vệ tinh nhân tạo. Tốc độ vũ trụ



Hình 40.3

Trong chương II ta đã biết, nếu ném xiên một vật thì do lực hấp dẫn của Trái Đất (trọng lực), khi lên đến một độ cao nhất định, vật sẽ rơi trở lại mặt đất. Vận tốc ném càng lớn thì tầm bay càng lớn và vật sẽ rơi tới mặt đất cách chỗ ném càng xa.

Nếu tiếp tục tăng vận tốc ném tới một giá trị đủ lớn, vật sẽ không rơi trở lại mặt đất mà sẽ quay quanh Trái Đất (Hình 40.3). Khi đó, lực hấp dẫn của Trái Đất hút vật chính là lực hướng tâm cần thiết để giữ vật quay quanh Trái Đất. Ta nói vật trở thành một *vệ tinh nhân tạo* của Trái Đất. Sau đây ta tính giá trị vận tốc cần thiết để đưa một vệ tinh lên quỹ đạo quanh Trái Đất mà không rơi trở về Trái Đất – được gọi là *tốc độ vũ trụ cấp I*.



Vệ tinh nhân tạo đầu tiên của loài người do Liên Xô phóng ngày 4-10-1957, gọi là Spút-nhích.

Giả sử vệ tinh chuyển động trên quỹ đạo tròn rất gần Trái Đất. Khối lượng của vệ tinh là m, của Trái Đất là M. Lực hấp dẫn đóng vai trò lực hướng tâm và theo định luật II Niu-tơn, ta có :

$$G\frac{Mm}{R_{TĐ}^2} = \frac{mv^2}{R_{TĐ}}$$ $R_{TĐ}$ là bán kính Trái Đất.

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R_{TĐ}}}$$

Thay các giá trị bằng số $M = 5{,}89.10^{24}$ kg, $R_{TĐ} = 6\,370$ km ta tìm được

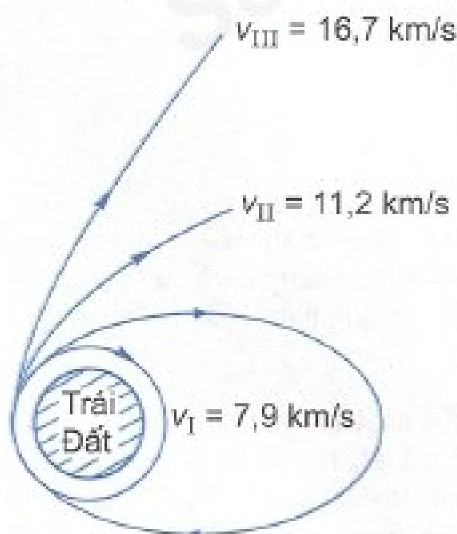
$$v = \sqrt{\frac{6{,}67.10^{-11}.5{,}89.10^{24}}{6{,}370.10^3}} = 7{,}9.10^3 \text{ m/s}$$

Ta thường kí hiệu

$$v_I = 7{,}9 \text{ km/s}$$

gọi là tốc độ vũ trụ cấp I.

Nếu vận tốc lớn hơn 7,9 km/s thì vệ tinh sẽ chuyển động theo một quỹ đạo elip và khi đạt tới giá trị $v_{II} = 11{,}2$ km/s (gọi là tốc độ vũ trụ cấp II) thì vệ tinh sẽ đi xa khỏi Trái Đất theo một quỹ đạo parabol và trở thành hành tinh nhân tạo của Mặt Trời. Cuối cùng, nếu tiếp tục tăng vận tốc phóng vệ tinh tới giá trị $v_{III} = 16{,}7$ km/s (tốc độ vũ trụ cấp III) thì vệ tinh có thể thoát ra khỏi hệ Mặt Trời (Hình 40.4) theo một quỹ đạo hypebol.



Hình 40.4 Quỹ đạo vệ tinh ứng với các tốc độ vũ trụ khác nhau

Em có biết ?

Việc phát hiện Hải Vương tinh – một hành tinh của hệ Mặt Trời – là một minh chứng rực rỡ của việc ứng dụng các định luật vạn vật hấp dẫn và định luật Kê-ple trong nghiên cứu chuyển động của các hành tinh.

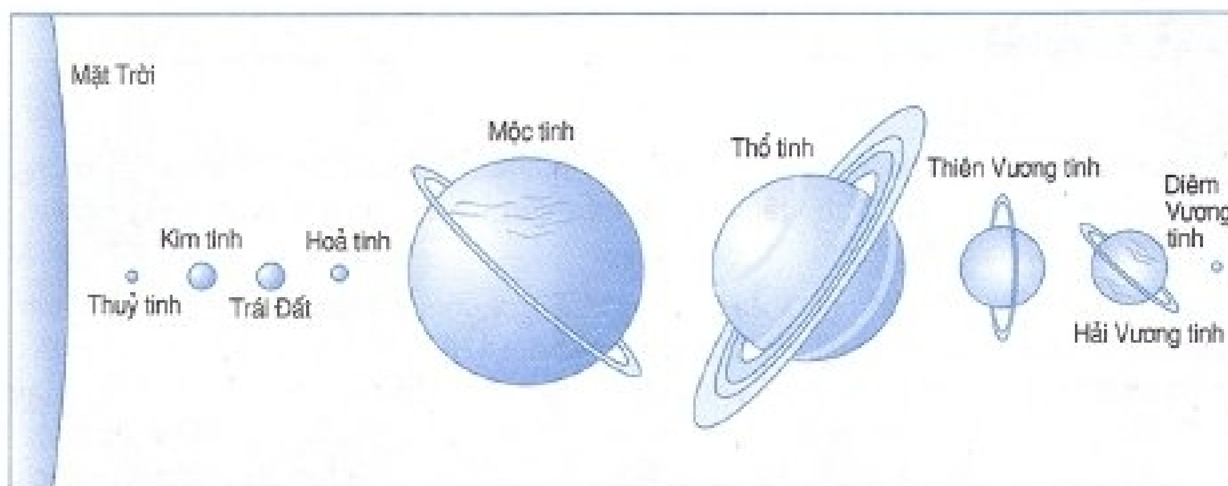
Cho tới thế kỉ XVIII, con người đã biết hệ Mặt Trời gồm 7 hành tinh, trong đó hành tinh thứ bảy đặt tên là Thiên Vương tinh được tìm thấy năm 1781. Tuy nhiên, sau đó các nhà thiên văn đã phát hiện những sai lệch khi tính toán về quỹ đạo của hành tinh này so với những số liệu đo được trong quan sát. Nhà toán học người Pháp Lơ Ve-ri-ê đã thực hiện các phép tính chính xác dựa trên định luật vạn vật hấp dẫn để dự đoán phải có một hành tinh khác ở rất gần Thiên Vương tinh là nguyên nhân gây ra sự sai lệch này. Sau đó, ông đã báo cho nhà thiên văn người Đức Ga-lơ vị trí chính xác của hành tinh mới này. Đêm 23-9-1846, Ga-lơ đã hướng ống kính thiên văn về vị trí đó để tìm và quả nhiên phát hiện được hành tinh mới là Hải Vương tinh.

Cũng tương tự như thế, năm 1930, bằng tính toán người ta đã dự đoán trước và sau đó tìm được hành tinh thứ chín của hệ Mặt Trời và đặt tên là Diêm Vương tinh.

Bảng 1

Những số liệu chính về 9 hành tinh của hệ Mặt Trời

Hành tinh	Thuỷ tinh	Kim tinh	Trái Đất	Hoả tinh	Mộc tinh	Thổ tinh	Thiên Vương tinh	Hải Vương tinh	Diêm Vương tinh
Khoảng cách trung bình tới Mặt Trời ($.10^6$ km)	từ 46 đến 69,8	108,21	149,6	227,94	778,34	1427	2869,6	4496	từ 4431 đến 7369
Chu kì quay quanh Mặt Trời	87,9 ngày	224,7 ngày	365,25 ngày (1 năm)	1,88 năm	11,86 năm	29,46 năm	84 năm	164,8 năm	248,5 năm
$\frac{\text{Khối lượng}}{\text{Khối lượng Trái Đất}}$	0,06	0,82	1	0,11	318	94	15	17	0,002
Đường kính (km)	4880	12100	12750	6790	142 980	120 540	51 120	50 540	2320
Khối lượng riêng ($.10^3$ kg/m^3)	5,4	5,3	5,5	3,9	1,3	0,7	1,2	1,7	



Kích thước tương đối của 9 hành tinh so với Mặt Trời

CÂU HỎI

1. Phát biểu ba định luật Kê-ple.
2. Từ định luật III Kê-ple, có thể suy ra cách tính khối lượng của Mặt Trời hoặc khối lượng của một hành tinh có vệ tinh như thế nào ?
3. Thế nào là tốc độ vũ trụ cấp I, II, III ?

BÀI TẬP

1. Trong hệ quy chiếu nhật tâm, tâm của Trái Đất khi quay quanh Mặt Trời vẽ một quỹ đạo gần tròn có bán kính trung bình bằng 150 triệu km.
   a) Tìm chu kì của chuyển động của Trái Đất.
   b) Trong một chu kì, tâm Trái Đất đi được quãng đường bằng bao nhiêu ?
   c) Tìm vận tốc trung bình của tâm Trái Đất.
2. Từ định luật III Kê-ple, hãy suy ra hệ quả : Khoảng cách từ một hành tinh đến Mặt Trời thì tỉ lệ nghịch với bình phương của vận tốc của hành tinh đó tại mỗi vị trí trên quỹ đạo.

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{v_2^2}{v_1^2}$$

   Kết quả này phù hợp với nội dung định luật II Kê-ple. Nó có mâu thuẫn với công thức $v = \omega r$ của chuyển động tròn hay không ?
3. Tìm khối lượng của Trái Đất, biết khoảng cách Trái Đất – Mặt Trăng r = 384 000 km và chu kì quay của Mặt Trăng quanh Trái Đất T = 27,5 ngày.

BÀI ĐỌC THÊM

NĂNG LƯỢNG VÀ NHU CẦU VỀ NĂNG LƯỢNG CHO SỰ PHÁT TRIỂN CỦA VIỆT NAM

Năng lượng được bảo toàn, nhưng có thể chuyển đổi từ dạng này sang dạng khác. Trong thực tiễn đời sống và khoa học kĩ thuật, năng lượng được khai thác từ nhiều nguồn thuộc dạng khác nhau như cơ năng, nhiệt năng, hoá năng... và được chuyển hoá, thường dưới dạng điện năng, để đưa vào sử dụng sao cho có hiệu quả nhất. Năng lượng trở thành vấn đề sống còn đối với mọi quốc gia.

Các bảng phụ lục sau đây lấy từ cuốn sách Bảo đảm năng lượng cho sự phát triển của Việt Nam, cung cấp những số liệu thống kê giúp ta thấy rõ vai trò quan trọng của vấn đề năng lượng đối với nền kinh tế quốc dân.

Bảng 1

Tiêu thụ năng lượng trên đầu người ở châu Á và Mĩ, 1996

Nước	Năng lượng điện (kW.h)	Năng lượng khác (tương đương kg dầu)
Ấn Độ	420	248
Băng-la-đét	85	64
Hàn Quốc	4 174	2 982
In-đô-nê-xi-a	315	366
Ma-lai-xi-a	2 032	1 699
Nê-pan	44	28
Pa-ki-xtan	418	254
Phi-líp-pin	399	316
Sri Lan-ca	242	97
Thái Lan	1 294	769
Trung Quốc	780	664
Việt Nam	161	144
Mĩ	12 711	7 819

Nguồn : UNDP, Báo cáo phát triển nhân lực 1997. Ước tính của chuyên gia Ngân hàng Thế giới.

Bảng 2

Hệ thống điện Việt Nam 1998 (MW)

Vùng và loại nhà máy	Tên nhà máy	Công suất lắp đặt	Công suất huy động
Miền Bắc		**2 732**	**2 653**
Thuỷ điện	Thác Bà	108	108
	Hoà Bình	1 920	1 920
	Thuỷ điện nhỏ	17	17
Nhiệt điện	Ninh Bình	100	100
	Uông Bí	105	100
	Phả Lại	440	400
Tuabin khí	Thái Bình	34	0
Điêzen		8	8

Bảng 2 (tiếp theo)

(MW)

Vùng và loại nhà máy	Tên nhà máy	Công suất lắp đặt	Công suất huy động
Miền Trung		**285**	**276**
Thuỷ điện	Vĩnh Sơn	66	66
	Thuỷ điện nhỏ	29	20
Điêzen		190	190
Miền Nam		**1 873**	**1 658**
Thuỷ điện	Đa Nhim	160	160
	Trị An	400	400
	Thác Mơ	150	150
	Thuỷ điện nhỏ	4	4
Nhiệt điện	Thủ Đức	165	156
	Cần Thơ	33	32
Tuabin khí	Thủ Đức	128	101
	Bà Rịa (cũ)	46	30
	Bà Rịa (mới)	225	204
	Cần Thơ	75	68
	Phú Mĩ 2	288	288
Điêzen		199	65
Tổng cộng		**4 890**	**4 586**

Nguồn : Theo ước tính của chuyên gia Ngân hàng Thế giới.

Bảng 3

Nhu cầu về năng lượng ở Việt Nam, 1995 - 2010

Năng lượng	1995	2000	2005	2010
Điện (GW.h)	14 636	25 706	44 491	71 406
Xăng dầu (nghìn thùng)	38 144	53 994	79 431	117 841
Khí thiên nhiên (triệu m^3)	199	2 111	4 663	7 717
Than (nghìn tấn)	5 069	7 166	9 142	11 115
Tổng cộng (nghìn tấn quy dầu)	**10 663**	**16 975**	**24 267**	**36 973**

Nguồn : Theo ước tính của chuyên gia Ngân hàng thế giới.

TÓM TẮT CHƯƠNG IV

Chủ đề	Ý chính
Động lượng Định luật bảo toàn động lượng Chuyển động bằng phản lực Công Công suất Động năng Định lí động năng Lực thế Thế năng trọng trường Thế năng đàn hồi Cơ năng Định luật bảo toàn cơ năng Va chạm Ba định luật Kê-ple	**Động lượng** là đại lượng vectơ bằng tích của khối lượng và vận tốc của vật : $\vec{p} = m\vec{v}$ Động lượng của một hệ kín được *bảo toàn*. **Chuyển động bằng phản lực** là chuyển động của một vật mà một phần của nó bị phóng đi theo một hướng khiến cho phần còn lại chuyển động theo hướng ngược lại. **Công A của một lực F** không đổi thực hiện trên độ dời s của vật là đại lượng vô hướng $A = Fs\cos\alpha = \vec{F}\vec{s}$ α là góc giữa các vectơ $\vec{F}$ và $\vec{s}$. **Công suất** đặc trưng cho tốc độ thực hiện công : $\mathcal{P} = \frac{A}{t} = \vec{F}\vec{v}$ **Động năng** $W_đ$ của một vật chuyển động có khối lượng m và vận tốc v : $W_đ = \frac{1}{2}mv^2$

Công A của ngoại lực tác dụng lên vật bằng *độ biến thiên động năng* của vật đó :

$$A_{12} = \Delta W_đ = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

Lực thế là lực mà công thực hiện khi vật dời chỗ chỉ phụ thuộc vị trí đầu và cuối của vật mà không phụ thuộc hình dạng của quỹ đạo.

Thế năng là năng lượng của vật chịu tác dụng của lực thế có giá trị phụ thuộc vị trí hoặc hình dạng của vật.

Thế năng của một vật trong trọng trường, gọi tắt là *thế năng trọng trường,* ở độ cao z bằng :

$$W_t = mgz$$

Thế năng đàn hồi của một vật gắn ở đầu lò xo có độ biến dạng *x* bằng :

$$W_{đh} = \frac{1}{2}kx^2$$ *k* là độ cứng của lò xo.

Công A của lực thế bằng độ giảm thế năng :

$$A_{12} = W_{t_1} - W_{t_2} = -\Delta W_t$$

Cơ năng của một vật là *tổng động năng và thế năng* của vật đó. Khi vật chỉ chịu tác dụng của lực thế, cơ năng được bảo toàn. Khi có thêm tác dụng của lực không phải là lực thế, cơ năng của vật biến thiên và công của lực này bằng độ biến thiên cơ năng.

Va chạm của hai vật : tổng động lượng của hệ luôn bảo toàn. Nếu là va chạm đàn hồi thì tổng động năng cũng được bảo toàn.

Phát biểu *ba định luật Kê-ple :*

Định luật I. Mọi hành tinh đều chuyển động theo các quỹ đạo elip mà Mặt Trời là một tiêu điểm.

Định luật II. Đoạn thẳng nối Mặt Trời và một hành tinh bất kì quét những diện tích bằng nhau trong những khoảng thời gian như nhau.

Định luật III. Tỉ số giữa lập phương bán trục lớn và bình phương chu kì quay là giống nhau cho mọi hành tinh quay quanh Mặt Trời.

CHƯƠNG V

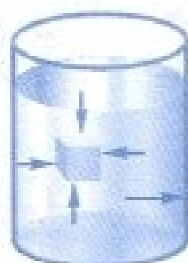
Cơ học chất lưu



Trong phòng nghiên cứu, người ta tạo ra những luồng khí quanh ô tô. Hình dạng của các luồng khí cho ta hình ảnh đường dòng của chất khí chuyển động mà ta sẽ nói đến trong chương này.

Trong chương này ta sẽ vận dụng một số định luật tổng quát của cơ học cho chất lỏng ở trạng thái đứng yên, sau đó cho chất lỏng chuyển động. Các kết quả có thể áp dụng được cho cả chuyển động của chất khí trong những điều kiện tương tự.

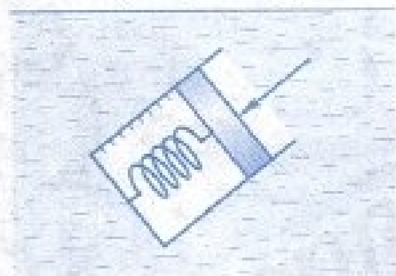
41 ÁP SUẤT THUỶ TĨNH NGUYÊN LÍ PA-XCAN



Hình 41.1 *Lực chất lỏng tác dụng lên vật hình hộp*

Chất lỏng cũng tác dụng lên thành bình những lực đặt tại mọi điểm của thành bình và vuông góc với thành bình.

C1 Hãy lấy ví dụ áp lực đặt lên một tiết diện tiếp xúc giữa hai vật.



Hình 41.2 *Dụng cụ đo áp suất*

Áp suất tại một điểm trong lòng chất lỏng được đo bằng một dụng cụ gồm một xilanh đã được rút chân không và một pit-tông nối với lò xo (Hình 41.2). Đặt dụng cụ ở vị trí muốn đo áp suất trong chất lỏng. Chất lỏng nén pit-tông xuống, làm ép lò xo lại. Độ nén của lò xo tỉ lệ với áp lực mà chất lỏng tác dụng lên tiết diện S của pit-tông.

Bảng 1

Một vài giá trị áp suất (Pa)

Tâm Mặt Trời	2.10^{16}
Tâm Trái Đất	4.10^{11}
Rãnh sâu nhất của đại dương	$1,1.10^{8}$
Bánh xe ô tô (áp suất dư so với áp suất khí quyển)	2.10^{5}

1. Áp suất của chất lỏng

Chất lỏng có đặc tính là nén lên các vật nằm trong nó. Áp lực chất lỏng nén lên vật có phương vuông góc với bề mặt của vật (Hình 41.1).

Gọi F là áp lực chất lỏng nén lên diện tích S của pit-tông trong dụng cụ đo áp suất đặt trong chất lỏng. Áp suất có giá trị bằng áp lực trên một đơn vị diện tích. Áp suất trung bình của chất lỏng ở độ sâu nơi đặt dụng cụ là :

$$p = \frac{F}{S} \qquad (41.1)$$

Thay đổi vị trí và hướng của dụng cụ đo áp suất, sau nhiều lần đo đạc ta rút ra kết luận sau :

- Tại mỗi điểm của chất lỏng, áp suất theo mọi phương là như nhau.
- Áp suất ở những điểm có độ sâu khác nhau thì khác nhau.

Đơn vị của áp suất trong hệ SI là N/m^2, còn gọi là *paxcan* (Pa).

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

Ngoài ra còn dùng các đơn vị khác như :

- atmôtphe (atm) là áp suất chuẩn của khí quyển

$$1 \text{ atm} = 1{,}013.10^5 \text{ Pa}$$

- torr (Torr) còn gọi là milimét thuỷ ngân (mmHg)

$$1 \text{ Torr} = 133{,}3 \text{ Pa} = 1 \text{ mmHg}$$

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$$

2. Sự thay đổi áp suất theo độ sâu. Áp suất thuỷ tĩnh

Xét một chất lỏng ở trạng thái cân bằng tĩnh trong một bình chứa. Trước hết ta nhận thấy

trên cùng một mặt nằm ngang trong lòng chất lỏng, áp suất là như nhau tại tất cả các điểm. Thật vậy, nếu không thì các phần tử của chất lỏng không nằm ở trạng thái cân bằng tĩnh được mà sẽ chuyển động.

Hãy tưởng tượng một phần của chất lỏng đó là hình trụ, tiết diện S. Chọn trục toạ độ Oy có gốc tại mặt thoáng và hướng xuống dưới. Toạ độ của đáy trên là y_1, của đáy dưới là y_2. Chiều cao của hình trụ là $y_2 - y_1 = h$.

Hình trụ này nằm cân bằng, do đó ta có :

$$F_1 - F_2 + P = p_1S - p_2S + P = 0$$

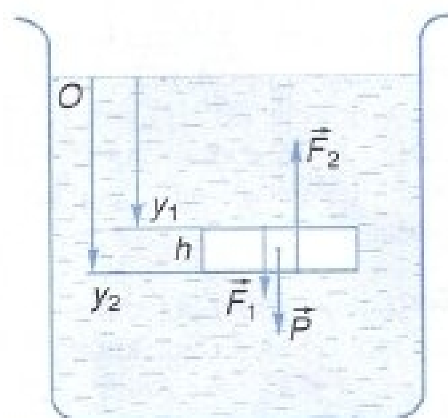
trong đó p_1S là lực nén từ trên xuống, $-p_2S$ là lực đẩy từ dưới lên, P là trọng lượng hình trụ. $P = \rho gS(y_2 - y_1)$, với $y_2 - y_1$ là chiều cao hình trụ, ρ (đọc là rô) là khối lượng riêng của chất lỏng. Công thức trên viết được là :

$$p_1 - p_2 + \rho g(y_2 - y_1) = 0$$

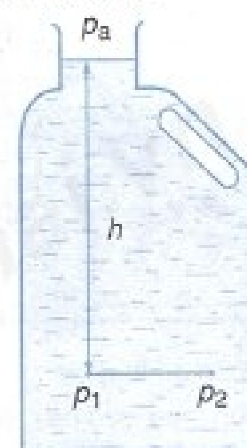
Lấy $y_1 = 0$ tại mặt thoáng của chất lỏng, khi đó $p_1 = p_a$ là áp suất khí quyển ở mặt thoáng của chất lỏng, $y_2 = h$. Từ công thức trên ta có :

$$p = p_2 = p_a + \rho gh \qquad (41.2)$$

p còn gọi là *áp suất thuỷ tĩnh* hay *áp suất tĩnh* của chất lỏng ở độ sâu h so với mặt thoáng. Công thức (41.2) nói lên rằng áp suất tĩnh của chất lỏng ở độ sâu h bằng tổng của áp suất khí quyển ở mặt thoáng và tích số ρgh.



Hình 41.3
Chất lỏng nằm ở trạng thái tĩnh. Các lực đặt lên hình trụ.



Hình 41.4
$p_1 = p_a + \rho gh$; $p_1 = p_2$ vì trên cùng một mặt nằm ngang.

C2 Áp suất thuỷ tĩnh có phụ thuộc hình dạng của bình chứa không ?

2. Nguyên lí Pa-xcan

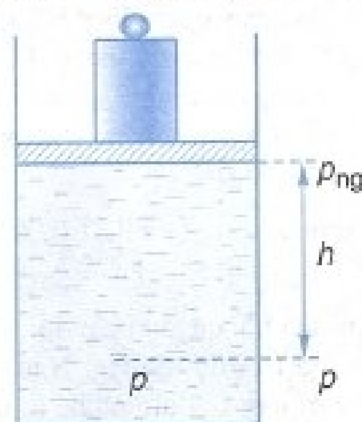
Từ kết luận áp suất tại một điểm trong lòng chất lỏng phụ thuộc độ sâu của điểm đó, ta có nguyên lí Pa-xcan phát biểu như sau :

Độ tăng áp suất lên một chất lỏng chứa trong bình kín được truyền nguyên vẹn cho mọi điểm của chất lỏng và của thành bình.

Thực vậy, theo công thức (41.2), khi lấy $y_1 = 0$ thì $p_1 = p_{ng}$ là áp suất ngoài. Ta có :

$$p = p_{ng} + \rho gh$$

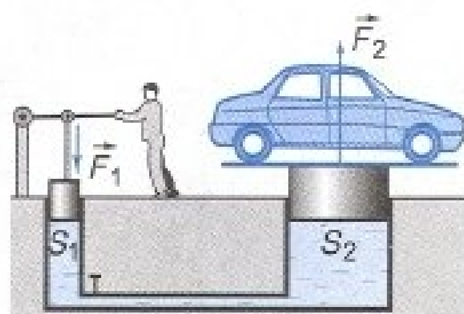
Minh hoạ nguyên lí Pa-xcan



Hình 41.5
Thay đổi áp suất tác dụng lên chất lỏng bằng cách cho thêm gia trọng.

Nguyên lí này được nhà bác học Pa-xcan (Blaise Pascal, 1623 – 1662, nhà bác học người Pháp) phát biểu lần đầu, do đó được mang tên là nguyên lí Pa-xcan, hay định luật Pa-xcan.

C3 Có thể dùng một lực nhỏ để nâng một ô tô lên được không ?



Hình 41.6 Sơ đồ máy nén thuỷ lực

Với máy nén theo kiểu này, ta có thể dễ dàng dùng tay nâng một chiếc ô tô lên.

Ghi chú về các đơn vị áp suất ngoài hệ SI

Milimét thuỷ ngân (Torr) là áp suất của cột thuỷ ngân cao 1 mm ở 0°C lên đáy. Thuỷ ngân có khối lượng riêng $\rho = 13\,589$ kg/m^3, $g = 9{,}81$ m/s^2. Từ đó tính được

$$1 \text{ mmHg} = 13\,589.9{,}81.0{,}001 = 133{,}3 \text{ Pa}$$

Áp suất khí quyển biến đổi xung quanh giá trị 760 mmHg. Người ta gọi giá trị này là 1 atmôtphe (atm).

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 760.133{,}3 = 1{,}013.10^5 \text{ Pa}.$$

Nếu tăng p_{ng} một lượng Δp thì vì chất lỏng không chịu nén nên ρ không đổi và ρgh không đổi, áp suất p tăng cùng giá trị Δp. Vậy ở mọi điểm của chất lỏng và của thành bình áp suất cũng tăng một lượng bằng Δp, đó là nội dung của định luật vừa phát biểu.

3. Máy nén thuỷ lực

Nguyên lí Pa-xcan được áp dụng nhiều trong kĩ thuật và đời sống, như máy nén thuỷ lực, máy nâng vật có trọng lượng lớn, phanh thuỷ lực trong các xe máy, ô tô... Nguyên tắc chung của các loại máy này mô tả ở Hình 41.6.

Giả sử tác dụng một lực $\vec{F}_1$ lên pit-tông nhánh trái có tiết diện S_1, lực này làm tăng áp suất lên chất lỏng một lượng Δp bằng :

$$\Delta p = \frac{F_1}{S_1}$$

Theo nguyên lí Pa-xcan, áp suất tác dụng lên tiết diện S_2 ở nhánh phải cũng tăng lên một lượng Δp và tạo nên một lực $\vec{F}_2$ bằng :

$$F_2 = S_2\Delta p = \frac{S_2}{S_1}F_1$$

Lực $F_2 > F_1$ vì $S_2 > S_1$.

Như vậy, ta có thể dùng một lực nhỏ $\vec{F}_1$ để tạo thành một lực $\vec{F}_2$ lớn hơn lên các vật đặt trên pit-tông S_2.

Nếu cho $\vec{F}_1$ di chuyển một đoạn bằng d_1 xuống dưới thì lực $\vec{F}_2$ di chuyển ngược lên trên một đoạn d_2 là :

$$d_2 = d_1.\frac{S_1}{S_2} < d_1$$

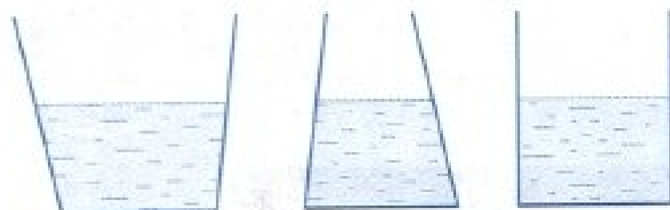
Lực nâng được nhân lên $\frac{S_2}{S_1}$ thì độ dời lại chia cho $\frac{S_2}{S_1}$, do đó công được bảo toàn.

CÂU HỎI

1. Ba bình hình dạng khác nhau nhưng có diện tích đáy bằng nhau (Hình 41.7). Đổ nước vào các bình sao cho mực nước cao bằng nhau. Hỏi :

   a) Áp suất và lực ép của nước lên đáy các bình có bằng nhau không ?

   b) Trọng lượng của nước trong ba bình có bằng nhau không ? Tại sao ?



Hình 41.7

2. Áp suất khí quyển là 10^5 N/m^2. Diện tích ngực của người trung bình là 1 300 cm^2. Như vậy lực nén của không khí lên ngực cỡ 13 000 N, một lực khổng lồ ! Tại sao cơ thể người lại chịu được lực ép lớn đến như thế ?

BÀI TẬP

1. Chọn câu **sai**.

   A. Khi xuống càng sâu trong nước thì ta chịu một áp suất càng lớn.

   B. Áp suất của chất lỏng không phụ thuộc khối lượng riêng của chất lỏng.

   C. Độ chênh áp suất tại hai vị trí khác nhau trong chất lỏng không phụ thuộc áp suất khí quyển ở mặt thoáng.

   D. Độ tăng áp suất lên một bình kín được truyền đi nguyên vẹn khắp bình.

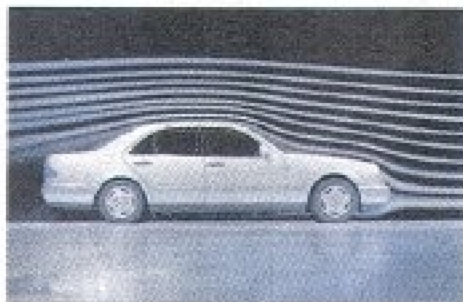
2. Hãy tính áp suất tuyệt đối p ở độ sâu 1 000 m dưới mực nước biển. Cho khối lượng riêng của nước biển là $1,0.10^3$ kg/m^3 và $p_a = 1,01.10^5$ N/m^2.

3. Một máy nâng thuỷ lực của trạm sửa chữa ô tô dùng không khí nén lên một pit-tông có bán kính 5 cm. Áp suất được truyền sang một pit-tông khác có bán kính 15 cm. Hỏi khí nén phải tạo ra một lực ít nhất bằng bao nhiêu để nâng một ô tô có trọng lượng 13 000 N ? Áp suất khí nén khi đó bằng bao nhiêu ?

4. Cửa ngoài một nhà rộng 3,4 m ; cao 2,1 m. Một trận bão đi qua, áp suất bên ngoài giảm đi còn 0,96 atm. Trong nhà áp suất vẫn giữ ở 1,0 atm.

   Hỏi lực toàn phần ép vào cửa là bao nhiêu ?

42 SỰ CHẢY THÀNH DÒNG CỦA CHẤT LỎNG VÀ CHẤT KHÍ ĐỊNH LUẬT BÉC-NU-LI



Ô tô trong phòng thí nghiệm của hãng sản xuất. Người ta tạo ra những luồng khí thổi vào ô tô để nghiên cứu hình dạng thích hợp của ô tô.

1. Chuyển động của chất lỏng lí tưởng

Chuyển động của chất lỏng có thể chia làm hai loại chính : chảy ổn định (hay chảy thành dòng) và chảy không ổn định (hay chảy cuộn xoáy).

Ta chỉ xét chất lỏng chảy thành dòng. Thông thường để chất lỏng chảy ổn định (thành dòng) thì vận tốc dòng chảy là nhỏ.

Chất khí cũng có thể chảy thành dòng. Trong một số trường hợp ta có thể coi chất khí chảy thành dòng có những tính chất giống như chất lỏng chảy thành dòng và áp dụng chung các kết quả.

Chất lỏng thoả mãn điều kiện chảy thành dòng và không nén được gọi là chất lỏng lí tưởng.



Hình 42.1
Khói bốc từ các que hương chảy thành dòng ở đoạn đầu, sau đó thành cuộn xoáy.

2. Đường dòng. Ống dòng

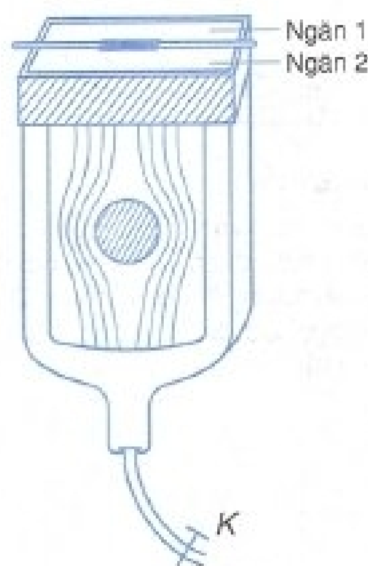
Khi chất lỏng chảy ổn định, mỗi phần tử của chất lỏng chuyển động theo một đường nhất định, gọi là *đường dòng*, các đường dòng không giao nhau.

Thí nghiệm Hình 42.2 cho thấy hình ảnh của dòng chảy ổn định quanh một hình trụ tròn. Ảnh chụp ô tô trong phòng thí nghiệm ở đầu bài học cũng cho ta hình ảnh của đường dòng. Vận tốc của phần tử chất lỏng (gọi tắt là vận tốc của chất lỏng) tại một điểm có phương tiếp tuyến với đường dòng tại điểm đó và hướng theo dòng chảy. Tại các điểm khác nhau trên đường dòng, vận tốc của chất lỏng có thể khác nhau nhưng tại một điểm nhất định trên đường dòng thì vận tốc của chất lỏng không đổi.

Ống dòng là một phần của chất lỏng chuyển động có mặt biên tạo bởi các đường dòng. Một ống như thế có tác dụng như một ống thật vì một phần tử chất lỏng chuyển động bên trong ống dòng không thể chạy ra ngoài ống được. Trong những điều kiện nhất định, các ống dẫn nước, dẫn dầu... có thể coi là ống dòng.

Ở những đoạn ống dòng thẳng, các đường dòng được biểu diễn bằng các đường song song. Trong dòng chảy của chất lỏng, ở nơi có vận tốc càng lớn thì các đường dòng càng xít nhau.

Thí nghiệm minh hoạ đường dòng



Hình 42.2

Thí nghiệm dòng chảy ổn định quanh một hình trụ tròn, dẹt nằm giữa hai tấm kính ép sát nhau. Ngăn 1 chứa nước, ngăn 2 chứa nước màu. Nhờ các lỗ nhỏ phía dưới các ngăn, nước cùng với các dòng nước màu chảy vào khe giữa hai tấm kính cho ta hình ảnh của các đường dòng. Khoá K dùng để điều chỉnh vận tốc dòng chảy thoát ra ngoài.

3. Hệ thức giữa tốc độ và tiết diện trong một ống dòng. Lưu lượng chất lỏng

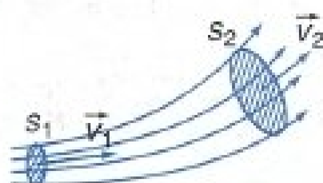
Xét một phần ống dòng giữa hai mặt S_1 và S_2. Một phần tử chất lỏng khi đi qua S_1 có tốc độ v_1. Sau khoảng thời gian Δt, phần tử đó dịch chuyển được một đoạn $v_1\Delta t$. Như vậy, sau khoảng thời gian Δt có một thể tích chất lỏng bằng $S_1v_1\Delta t$ đi vào trong phần ống dòng đó. Cũng trong thời gian Δt đó, một thể tích chất lỏng từ trong đi ra khỏi phần ống dòng này. Gọi v_2 là tốc độ của các phần tử chất lỏng khi đi qua mặt S_2. Thể tích chất lỏng đi qua mặt S_2 là $S_2v_2\Delta t$. Do chất lỏng không nén được, thể tích chất lỏng đi vào phải bằng thể tích chất lỏng đi ra khỏi phần ống dòng. Ta có :

$$S_1v_1\Delta t = S_2v_2\Delta t \qquad (42.1)$$

hay :

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{S_2}{S_1} \qquad (42.2)$$

Vậy *trong một ống dòng, tốc độ của chất lỏng tỉ lệ nghịch với diện tích tiết diện của ống.*



Hình 42.3 Ống dòng

Nơi ống hẹp, vận tốc chất lỏng lớn hơn vận tốc nơi ống rộng. Ở nơi ống hẹp, các đường dòng xít nhau. Ở nơi ống rộng, các đường dòng cách xa nhau hơn.

Từ (42.2), ta có

$$v_1S_1 = v_2S_2 = A \qquad (42.3)$$

Đại lượng A có giá trị như nhau ở mọi điểm trong một ống dòng và được gọi là *lưu lượng chất lỏng*. Trong hệ đơn vị SI, lưu lượng được tính bằng m^3/s.

Khi chảy ổn định, lưu lượng chất lỏng trong một ống dòng là không đổi.

4. Định luật Béc-nu-li cho ống dòng nằm ngang

Từ bài 41 ta đã biết rằng, trong chất lỏng đứng yên, thì ở những điểm trên cùng một mặt phẳng nằm ngang, áp suất p là như nhau

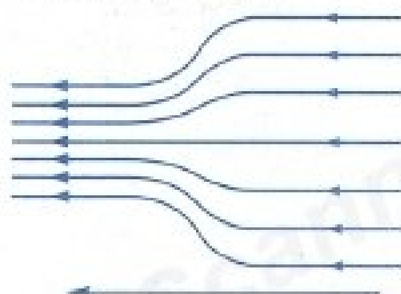
$$p = \text{hằng số}$$

Béc-nu-li (Daniel Bernoulli, 1700 – 1782, nhà bác học người Thuỵ Sĩ) đã thiết lập phương trình liên hệ giữa áp suất p và vận tốc v tại các điểm khác nhau trên một ống dòng như sau :

$$p + \frac{1}{2}\rho v^2 = \text{hằng số} \qquad (42.4)$$

ρ là khối lượng riêng của chất lỏng.

C1 Khi một chất lỏng chuyển động trong một ống dòng nằm ngang (Hình 42.4) thì áp suất p ở các điểm khác nhau có còn bằng nhau nữa hay không ?



Hình 42.4 Ống dòng nằm ngang

Đây là *định luật Béc-nu-li*, được phát biểu như sau :

Trong một ống dòng nằm ngang, tổng áp suất tĩnh và áp suất động tại một điểm bất kì là một hằng số.

Từ phương trình (42.4) suy ra rằng áp suất tĩnh p tại các điểm khác nhau của ống dòng nằm ngang *phụ thuộc vào vận tốc tại điểm ấy*. Ở chỗ nào vận tốc v lớn (ống dòng có tiết diện nhỏ) thì áp suất tĩnh p nhỏ. Chỗ nào tốc độ nhỏ thì áp suất tĩnh lớn

Trong phương trình (42.4), số hạng $\frac{1}{2}\rho v^2$ có thứ nguyên của áp suất, người ta gọi đó là *áp suất động* để phân biệt với áp suất p tác dụng lên thành bình gọi là *áp suất tĩnh*. Tại một điểm trên đường dòng, tổng áp suất tĩnh và áp suất động gọi là *áp suất toàn phần*. Vậy phương trình (42.4) có nghĩa là áp suất toàn phần tại mọi điểm trên ống dòng nằm ngang là như nhau.

ρ có đơn vị là kg/m^3
v có đơn vị là m/s
ρv^2 có đơn vị là

$$\frac{kg}{m^3}\left(\frac{m}{s}\right)^2 = \frac{kg.m}{s^2}\cdot\frac{1}{m^2}$$
$$= \frac{N}{m^2} = \text{Pa (đơn vị áp suất)}$$

Người ta nói rằng ρv^2 *có thứ nguyên của áp suất.*

CÂU HỎI

1. Thế nào là sự chảy ổn định ?
2. Thế nào là đường dòng, ống dòng ?
3. Quan sát dòng nước chảy chậm từ vòi nước xuống dưới, ta thấy nước bị "thắt lại", tức là ở gần vòi tiết diện dòng nước lớn hơn tiết diện ở phía dưới. Tại sao ?
4. Phát biểu định luật Béc-nu-li.

BÀI TẬP

1. Chọn câu **sai**.

   A. Trong một ống dòng nằm ngang, nơi nào có tốc độ lớn thì áp suất tĩnh nhỏ, nơi nào có tốc độ nhỏ thì áp suất tĩnh lớn.

   B. Định luật Béc-nu-li áp dụng cho chất lỏng và chất khí chảy ổn định.

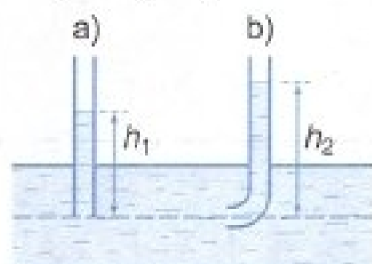
   C. Áp suất toàn phần tại một điểm trong ống dòng nằm ngang thì tỉ lệ bậc nhất với vận tốc dòng.

   D. Trong một ống dòng nằm ngang, nơi nào các đường dòng càng nằm xít nhau thì áp suất tĩnh càng nhỏ.

2. Lưu lượng nước trong một ống nằm ngang là 2 m^3/phút. Hãy xác định tốc độ của chất lỏng tại một điểm của ống có bán kính 10 cm.
3. Tiết diện động mạch chủ của người là 3 cm^2, tốc độ máu từ tim ra là 30 cm/s. Tiết diện của mỗi mao mạch là 3.10^{-7} cm^2 ; tốc độ máu trong mao mạch là 0,05 cm/s. Hỏi người phải có bao nhiêu mao mạch ?
4. Một ống nước nằm ngang có đoạn bị thắt lại. Biết rằng áp suất bằng $8,0.10^4$ Pa tại một điểm có vận tốc 2 m/s và tiết diện ống là S. Hỏi tốc độ và áp suất tại nơi có tiết diện $\frac{S}{4}$ bằng bao nhiêu ?

43 ỨNG DỤNG CỦA ĐỊNH LUẬT BÉC-NU-LI

C1 Đo áp suất tĩnh, áp suất động của một dòng chảy như thế nào ?



Hình 43.1
Ống a đo áp suất tĩnh. Ống b đo áp suất toàn phần.

Chứng minh công thức (43.1)

Kí hiệu p, v là áp suất và vận tốc tại tiết diện S ; p', v' là áp suất và vận tốc tại tiết diện s.

Phương trình Béc-nu-li :

$$p + \frac{1}{2}\rho v^2 = p' + \frac{1}{2}\rho v'^2 \quad (43.2)$$

Hệ thức giữa vận tốc và tiết diện :

$$\frac{v'}{v} = \frac{S}{s} \quad (43.3)$$

Từ (43.2) rút ra :

$$\Delta p = p - p' = \frac{1}{2}\rho(v'^2 - v^2) \quad (43.4)$$

Từ (43.3) rút ra $v' = \frac{S}{s}v$ và thay vào (43.4)

$$\Delta p = \frac{1}{2}\rho v^2\left(\frac{S^2}{s^2} - 1\right)$$

Suy ra biểu thức của vận tốc

$$v = \sqrt{\frac{2s^2\Delta p}{\rho(S^2 - s^2)}}$$

Tương tự, từ $v = \frac{s}{S}v'$ thay vào (43.4) ta tính được v'.

1. Đo áp suất tĩnh và áp suất toàn phần

Để đo áp suất tĩnh và áp suất toàn phần của một dòng chảy, người ta dùng các dụng cụ như trên Hình 43.1.

a) Đo áp suất tĩnh : Đặt một ống hình trụ hở hai đầu, sao cho *miệng ống song song với dòng chảy* (Hình 43.1a). Áp suất tĩnh tỉ lệ với độ cao của cột chất lỏng trong ống (bằng $\rho g h_1$).

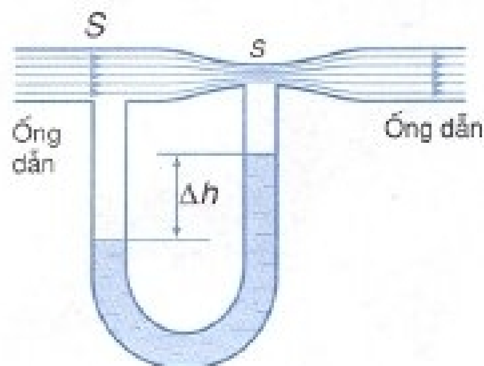
b) Đo áp suất toàn phần : Dùng một ống hình trụ hở hai đầu, một đầu được uốn vuông góc. Đặt ống sao cho *miệng ống vuông góc với dòng chảy* (Hình 43.1b). Áp suất toàn phần tỉ lệ với độ cao của cột chất lỏng trong ống (bằng $\rho g h_2$).

2. Đo vận tốc chất lỏng. Ống Ven-tu-ri

Dựa trên nguyên tắc đo áp suất tĩnh nói ở trên, người ta tạo ra ống Ven-tu-ri dùng để đo vận tốc chất lỏng trong ống dẫn (Hình 43.2). Ống Ven-tu-ri được đặt nằm ngang, gồm một phần có tiết diện S và một phần có tiết diện s nhỏ hơn. Một áp kế hình chữ U, có hai đầu nối với hai phần ống đó, cho biết hiệu áp suất tĩnh Δp giữa hai tiết diện. Biết hiệu áp suất Δp và các diện tích tiết diện S, s, ta có thể tính được vận tốc v tại tiết diện S theo công thức sau :

$$v = \sqrt{\frac{2s^2\Delta p}{\rho(S^2 - s^2)}} \quad (43.1)$$

trong đó ρ là khối lượng riêng của chất lỏng.



Hình 43.2 Sơ đồ ống Ven-tu-ri

3. Đo vận tốc của máy bay nhờ ống Pi-tô

Máy bay bay trong không khí với vận tốc v tương đương với máy bay đứng yên trong không khí có vận tốc v.

Dụng cụ đo vận tốc của máy bay gọi là ống Pi-tô (Hình 43.3), được gắn vào cánh máy bay. Dòng không khí bao quanh ống như hình vẽ. Vận tốc chảy vuông góc với tiết diện S của một nhánh ống chữ U. Nhánh kia thông ra một buồng có các lỗ nhỏ ở thành bên để cho áp suất của buồng bằng áp suất tĩnh của dòng không khí bên ngoài. Độ chênh của hai mức chất lỏng trong ống chữ U cho phép ta tính được vận tốc của dòng không khí tức là vận tốc của máy bay.

Áp dụng phương trình Béc-nu-li ta tìm được công thức tính vận tốc sau :

$$v = \sqrt{\frac{2\rho g \Delta h}{\rho_{KK}}} \qquad (43.5)$$

trong đó ρ là khối lượng riêng của chất lỏng trong ống chữ U, Δh là độ chênh mực chất lỏng của hai nhánh, ρ_{KK} là khối lượng riêng của không khí bên ngoài, g là gia tốc trọng trường.

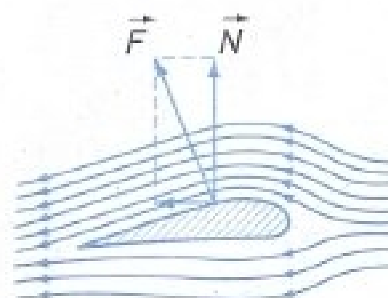


Hình 43.3 Ống Pi-tô

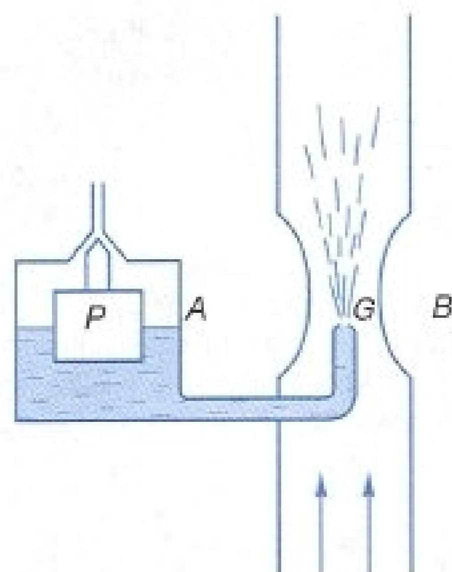
4. Một vài ứng dụng khác của định luật Béc-nu-li

a) Lực nâng cánh máy bay

Cánh máy bay có tiết diện dạng như Hình 43.4. Để nghiên cứu tác dụng của không khí lên cánh máy bay, ta coi máy bay đứng yên và không khí chuyển động thành dòng theo chiều ngược lại với cùng vận tốc. Ta nhận thấy ở phía trên, các đường dòng xít vào nhau hơn so với ở phía dưới cánh. Vận tốc dòng không khí ở phía trên lớn hơn vận tốc ở phía dưới cánh. Do vậy, áp suất tĩnh ở phía trên nhỏ hơn áp suất tĩnh ở phía dưới tạo nên một lực nâng máy bay. Trong thực tế cánh máy bay còn được đặt chếch lên trên tạo nên lực nâng lớn hơn.



Hình 43.4 Lực nâng cánh máy bay



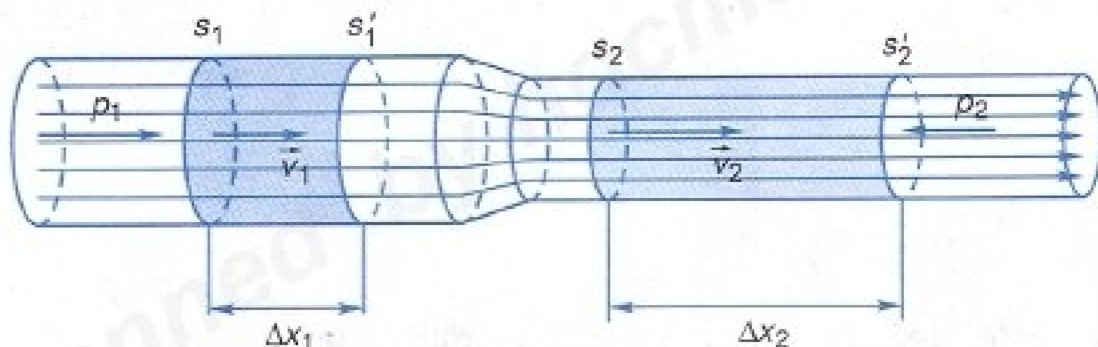
Hình 43.5 Nguyên tắc cấu tạo của bộ chế hoà khí

b) Bộ chế hoà khí (cacbuaratơ) là một bộ phận trong các động cơ đốt trong dùng để cung cấp hỗn hợp nhiên liệu – không khí cho động cơ. Trong buồng phao A, xăng được giữ ở mức ngang với miệng vòi phun G (giclơ) nhờ hoạt động của phao P. Ống hút không khí có một đoạn thắt lại tại B. Ở đó áp suất giảm xuống, xăng bị hút lên và phân tán thành những hạt nhỏ trộn lẫn với không khí tạo thành hỗn hợp đi vào xilanh.

5. Chứng minh phương trình Béc-nu-li đối với ống nằm ngang

Giả sử có một chất lỏng không nhớt, không chịu nén, chảy ổn định trong một ống dòng nằm ngang. Ta hãy chứng minh phương trình Béc-nu-li đối với ống này :

$$p + \frac{1}{2}\rho v^2 = \text{hằng số} \qquad (43.6)$$



Hình 43.6

Xét một phần chất lỏng nằm giữa hai tiết diện S_1 và S_2 của ống dòng. Ta đã biết ở bài 34 định lí động năng phát biểu như sau : độ biến thiên động năng của một vật bằng công của các ngoại lực tác dụng lên vật đó.

$$\Delta E_đ = A \qquad (43.7)$$

Ta áp dụng định lí này cho phần chất lỏng nói trên. Trước hết ta tính $\Delta E_đ$. Sau thời gian Δt, hệ chiếm phần ống dòng nằm giữa hai mặt S_1' và S_2'. Sự biến đổi động năng chỉ liên quan đến phần đầu S_1S_1' và phần cuối S_2S_2', còn phần giữa $S_1'S_2$ thì không thay đổi gì. Ta có :

$$\Delta E_đ = \frac{1}{2}\rho\Delta V v_2^2 - \frac{1}{2}\rho\Delta V v_1^2 \qquad (43.8)$$

trong đó $\Delta V = S_1v_1\Delta t = S_2v_2\Delta t$ do chất lỏng không chịu nén. Số hạng thứ hai ở vế phải có dấu – vì đây là phần động năng bị mất đi.

Công A do các ngoại lực thực hiện trên hệ được tính như sau :

• Ở đầu S_1, áp suất p_1 hướng theo chiều dòng chảy gây nên áp lực $F_1 = p_1S_1$. Công do F_1 thực hiện là

$$A_1 = F_1\Delta x_1 = p_1S_1v_1\Delta t = p_1\Delta V$$

• Ở đầu S_2, áp suất p_2 hướng ngược chiều dòng chảy gây nên áp lực $F_2 = -p_2S_2$. Công do F_2 thực hiện là

$$A_2 = F_2\Delta x_2 = -p_2S_2v_2\Delta t = -p_2\Delta V$$

Vậy công A bằng :

$$A = A_1 + A_2 = p_1\Delta V - p_2\Delta V \qquad (43.9)$$

Thay các công thức (43.8) và (43.9) vào công thức (43.7), ta được :

$$p_1\Delta V - p_2\Delta V = \frac{1}{2}\rho\Delta V v_2^2 - \frac{1}{2}\rho\Delta V v_1^2$$

Chia hai vế cho ΔV và sắp xếp lại, ta có :

$$p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$

Ta viết lại được như sau :

$$p + \frac{1}{2}\rho v^2 = \text{hằng số} \qquad (43.10)$$

Đây là công thức cần tìm của định luật Béc-nu-li, phát biểu như sau :

Trong một ống dòng nằm ngang, tổng áp suất tĩnh và áp suất động tại một điểm bất kì là một hằng số.

Chú ý :

Trường hợp ống dòng không nằm ngang, ta có công thức tổng quát của định luật Béc-nu-li như sau :

$$p + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g y = \text{hằng số} \qquad (43.11)$$

trong đó y là tung độ của điểm đang xét. Số hạng thứ ba là do tính đến thế năng. Ta không chứng minh công thức này mà chỉ áp dụng trong các bài toán.

CÂU HỎI

1. Đặt hai tờ giấy cho hai mặt song song gần nhau và thổi cho luồng khí qua khe giữa hai tờ giấy. Hiện tượng gì xảy ra ? Giải thích.
2. Hãy áp dụng phương trình Béc-nu-li để tìm ra công thức (43.5).

3*. Tại sao nói định luật Béc-nu-li là một ứng dụng của định luật bảo toàn năng lượng ?

BÀI TẬP

1. Mỗi cánh máy bay có diện tích là 25 m^2. Biết vận tốc dòng không khí ở phía dưới cánh là 50 m/s còn ở phía trên cánh là 65 m/s, hãy xác định trọng lượng của máy bay. Giả sử máy bay bay theo đường nằm ngang với vận tốc không đổi và lực nâng máy bay chỉ do cánh gây nên. Cho biết khối lượng riêng của không khí là 1,21 kg/m^3.
2. Một người thổi không khí với tốc độ 15 m/s ngang qua miệng một nhánh ống chữ *U* chứa nước. Hỏi độ chênh mực nước giữa hai nhánh là bao nhiêu ?

BÀI ĐỌC THÊM

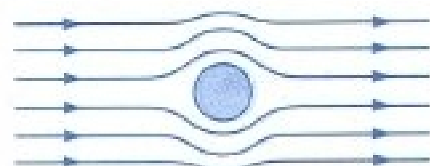
HIỆU ỨNG MÁC-NÚT

Quan sát một trận đá bóng, ta thấy có khi một cầu thủ giỏi sút phạt góc dùng kĩ thuật sút quả bóng làm cho đường bay của quả bóng uốn cong đi và bay vào gôn. Tại sao lại có thể làm như vậy được ? Ta có thể giải thích điều này bằng hiệu ứng Mác-nút, do Mác-nút (Gustav Magnus) nghiên cứu năm 1850 như sau.

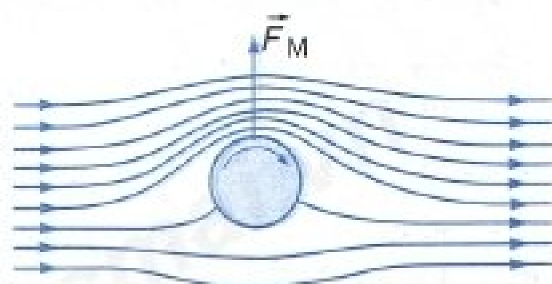
Khi nghiên cứu chuyển động của quả bóng trong không khí, ta có thể coi như quả bóng đứng yên còn không khí chuyển động đối với quả bóng theo chiều ngược lại.

a) Trường hợp quả bóng không xoay, do tính đối xứng dòng không khí chuyển động quanh quả bóng không tạo ra một lực nào tác dụng lên quả bóng (Hình 43.7a).

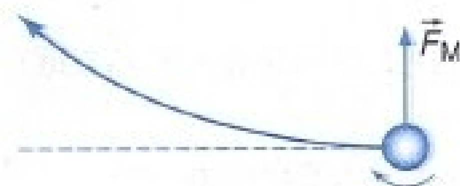
b) Nếu quả bóng xoay tròn thì ở phía đường dòng cùng chiều với chiều quay của quả bóng, vận tốc của các phân tử không khí tăng lên, còn ở phía đối diện vận tốc của các phân tử không khí giảm đi. Như thế có sự chênh lệch áp suất tĩnh và xuất hiện lực $\vec{F}_M$ của dòng không khí tác dụng lên quả bóng như vẽ trên Hình 43.7b. Hình 43.7c mô tả đường bay của quả bóng bị đá xoáy. Hiệu ứng Mác-nút gây ra lực $\vec{F}_M$ đẩy quả bóng và uốn cong đường bay của nó. Trong các môn thể thao khác như bóng bàn, bóng chày, gôn... ta cũng thấy hiệu ứng Mác-nút.



a) Các đường dòng bao quanh quả bóng luôn luôn cách đều nhau ở cả hai phía. Không có một lực nào tác dụng lên quả bóng.



b) Lực do hiệu ứng Mác-nút tác dụng lên quả bóng.



c) Đường bay của quả bóng bị uốn cong do hiệu ứng Mác-nút.

Hình 43.7

TÓM TẮT CHƯƠNG V

Chủ đề	Ý chính
Áp suất thuỷ tĩnh Nguyên lí Pa-xcan Lưu lượng của chất lỏng trong một ống dòng Định luật Béc-nu-li	

Áp suất thuỷ tĩnh

• Chất lỏng nén lên vật nhúng trong nó theo mọi phương vuông góc với bề mặt vật.

• Tại mỗi điểm của chất lỏng, áp suất theo mọi phương là như nhau.

• Công thức cho sự thay đổi áp suất theo độ sâu :

$$p_1 - p_2 = -\rho g(y_2 - y_1)$$

• Áp suất thuỷ tĩnh ở độ sâu h bằng :

$p = p_a + \rho gh$ p_a : áp suất khí quyển ở mặt thoáng.

Nguyên lí Pa-xcan

Độ tăng áp suất lên một chất lỏng chứa trong bình kín được truyền nguyên vẹn cho mọi điểm của chất lỏng và của thành bình.

Lưu lượng của chất lỏng trong một ống dòng

Khi chảy ổn định, lưu lượng của chất lỏng trong một ống dòng là không đổi :

$$v_1S_1 = v_2S_2 = A = \text{hằng số}$$

Định luật Béc-nu-li cho ống dòng nằm ngang

$$p + \frac{1}{2}\rho v^2 = \text{hằng số}$$

Trong một ống dòng nằm ngang, tổng áp suất tĩnh và áp suất động tại một điểm bất kì là một hằng số.

Đơn vị áp suất

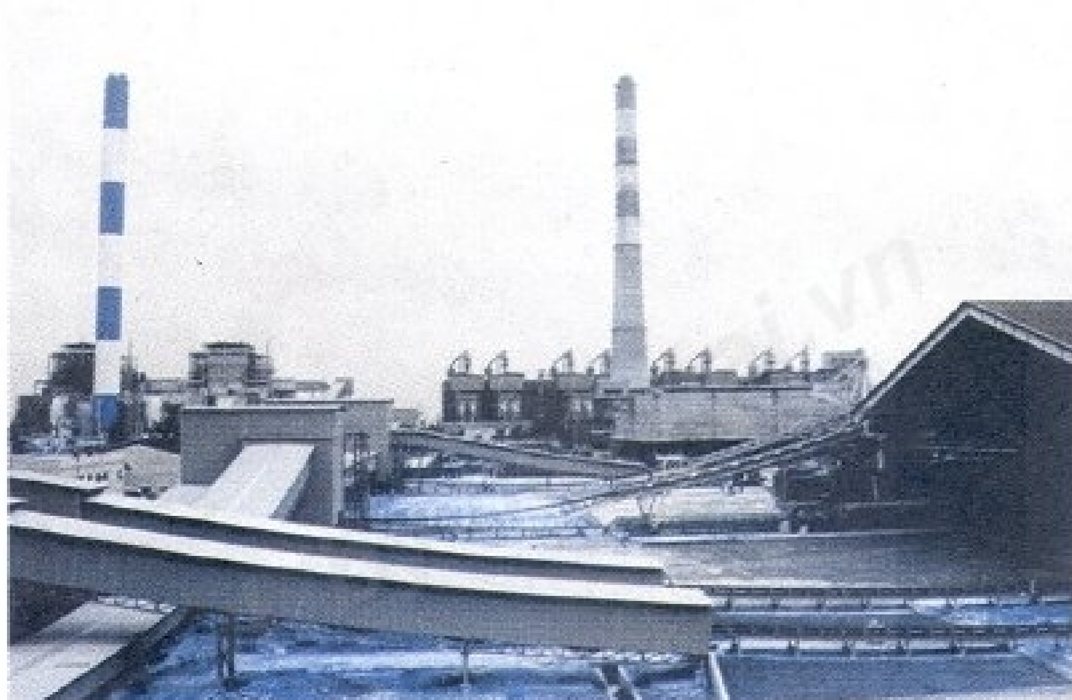
1 paxcan (Pa) = 1 N/m^2

1 atm = 1,013.10^5 Pa = 760 mmHg

1 Torr = 133,3 Pa = 1 mmHg.

PHẦN HAI

NHIỆT HỌC



Nhà máy nhiệt điện Phả Lại

Khi một vật nóng lên hay lạnh đi thì tính chất của vật thay đổi. Trong một hệ gồm nhiều vật có nhiệt độ thay đổi (như nhau hoặc khác nhau) thì xảy ra những hiện tượng đáng chú ý gọi là hiện tượng nhiệt. Nhiệt học là phần của vật lí học nghiên cứu về các hiện tượng nhiệt.

Những hiện tượng nhiệt có thể giải thích được dựa vào cấu trúc phân tử của vật chất, phần vật lí học nghiên cứu cấu trúc này gọi là vật lí học phân tử. Ngoài ra nhiệt học còn dùng phương pháp vĩ mô, tìm ra quy luật cho các quá trình biến đổi có trao đổi nhiệt và công, đó là nhiệt động lực học.

CHƯƠNG VI

Chất khí



Chương này sẽ trình bày sơ lược về cấu trúc phân tử của chất khí, ba định luật và phương trình trạng thái của chất khí. Ngoài ra, chương này còn đề cập đến khái niệm khí lí tưởng và nhiệt độ tuyệt đối.

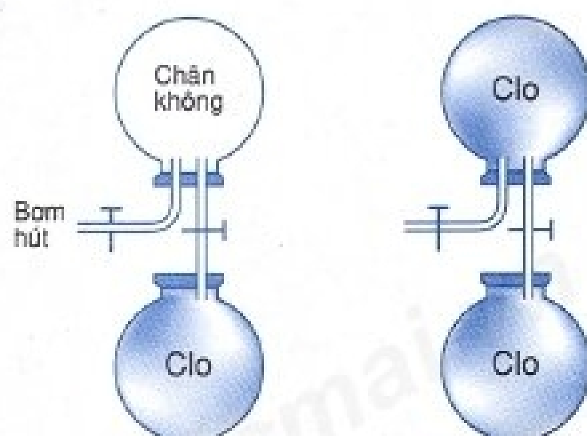
44 THUYẾT ĐỘNG HỌC PHÂN TỬ CHẤT KHÍ CẤU TẠO CHẤT

1. Tính chất của chất khí

Chất khí có những tính chất đặc biệt sau đây :

– *Bành trướng :* Chiếm toàn bộ thể tích của bình chứa (Hình 44.1).

Hình dáng và thể tích của một lượng khí là hình dáng và thể tích của bình chứa nó.



Hình 44.1 Sự bành trướng của khí clo

– *Dễ nén :* Khi áp suất tác dụng lên một lượng khí tăng thì thể tích của khí giảm đáng kể.

– *Có khối lượng riêng nhỏ* so với chất rắn và chất lỏng.

1 m^3 nước có khối lượng 1 000 kg.

1 m^3 nhôm có khối lượng 2 700 kg.

1 m^3 không khí ở 0^0C và 1 atm có khối lượng 1,293 kg.

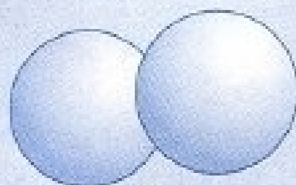
2. Cấu trúc của chất khí

Chất được cấu tạo từ các nguyên tử. Các nguyên tử tương tác và liên kết với nhau tạo thành những phân tử.

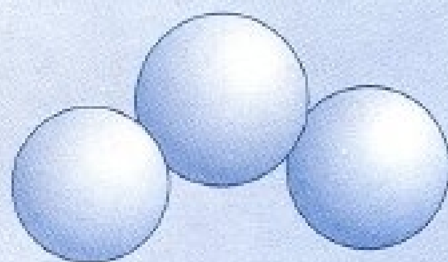
Mỗi chất khí được tạo thành từ những phân tử giống hệt nhau. Mỗi phân tử có thể bao gồm một hoặc nhiều nguyên tử.



Phân tử gồm một nguyên tử : He, Ar, Ne,...



Phân tử gồm hai nguyên tử : H_2, O_2, N_2,...



Phân tử gồm ba nguyên tử : H_2O, NO_2, CaF_2,...

3. Lượng chất, mol

Lượng chất chứa trong một vật được xác định theo số phân tử hay nguyên tử chứa trong vật ấy.

Người ta định nghĩa *mol*, đơn vị lượng chất của một chất bất kì như sau :

1 mol là lượng chất trong đó có chứa một số phân tử hay nguyên tử bằng số nguyên tử chứa trong 12 g cacbon 12.

Như vậy số phân tử hay nguyên tử chứa trong 1 mol của mọi chất đều có cùng một giá trị, gọi là số A-vô-ga-đrô N_A

$$N_A = 6{,}02.10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

Khối lượng mol của một chất được đo bằng khối lượng của một mol chất ấy, thường được kí hiệu bằng chữ Hi Lạp μ (đọc là muy). Ví dụ, khối lượng mol của hiđrô là 2 g/mol hoặc 0,002 kg/mol.

Thể tích mol của một chất được đo bằng thể tích của 1 mol chất ấy. **Ở điều kiện chuẩn (0°C, 1 atm) thể tích mol của mọi chất khí đều bằng 22,4 lít/mol hay 0,0224 m³/mol.**

Từ khối lượng mol μ và số A-vô-ga-đrô N_A có thể suy ra khối lượng m_0 của một phân tử (hay nguyên tử) của một chất

$$m_0 = \frac{\mu}{N_A}$$

Số mol ν (đọc là nuy) chứa trong khối lượng m của một chất

$$\nu = \frac{m}{\mu}$$

Số phân tử (hay nguyên tử) N có trong khối lượng m của một chất

$$N = \nu N_A = \frac{m}{\mu} N_A$$

Người ta quy ước lấy 0,012 kg cacbon 12 làm *đơn vị lượng chất của cacbon 12*, gọi là 1 mol cacbon 12. Các phép đo cho biết rằng 0,012 kg cacbon 12 chứa $6{,}02.10^{23}$ nguyên tử cacbon 12.

Cacbon 12 là đồng vị cacbon phổ biến trong tự nhiên. Ngoài cacbon 12 còn có cacbon 13 (chiếm tỉ lệ rất nhỏ) là một đồng vị có tính chất hoá học giống hệt cacbon 12 nhưng nặng hơn một chút.

Ghi chú :

Một lượng gồm $6{,}02.10^{23}$ hạt như ion hoặc êlectron... cũng gọi là một mol ion hoặc một mol êlectron...

Giá trị chính xác hơn của số A-vô-ga-đrô là $6{,}0221367.10^{23}$ mol^{-1}.

Bảng 1

Khối lượng mol của một số chất

Chất		μ (g/mol)
Cacbon	12	12,000
Hiđrô	(H_2)	2,01594
Heli	(He)	4,0026
Ôxi	(O_2)	31,9988
Nitơ	(N_2)	28,0134
Natri	(Na)	22,9898

Thường thì có thể lấy số quy tròn.

Ví dụ :

Một phân tử O_2 có khối lượng

$$m_0 = \frac{32}{6{,}02.10^{23}} \approx 5{,}3.10^{-23} \text{ g}$$

24 g nitơ chứa $\nu = \frac{24}{28} = \frac{6}{7}$ mol nitơ.

24 g nitơ chứa $\frac{24}{28}.6{,}02.10^{23} = 5{,}16.10^{23}$ phân tử nitơ.

4. Một vài lập luận để hiểu cấu trúc phân tử của chất khí

Chất khí có khối lượng riêng nhỏ, tức là có mật độ phân tử (số phân tử trong đơn vị thể tích) nhỏ. Có thể hiểu rằng trong chất khí có nhiều khoảng trống giữa các phân tử. Khi ta nén khí, thì khoảng trống đó giảm bớt. Trong các phép tính gần đúng, người ta coi như kích thước của phân tử là nhỏ và bỏ qua được so với kích thước khoảng trống.

Khí có khuynh hướng lan ra, chiếm toàn bộ thể tích dành cho nó. Như vậy, các phân tử khí chuyển động về mọi phía, và chỉ bị ngăn lại khi gặp thành bình ; có thể cho rằng phân tử khí chuyển động gần như tự do giữa hai va chạm.

Quan sát qua kính hiển vi những hạt nhỏ lơ lửng trong không khí (ví dụ khói thuốc lá) người ta thấy chúng chuyển động hỗn loạn, đó là chuyển động Brao-nơ trong khí. Chuyển động này được tạo nên do va chạm của các phân tử khí lên hạt. Hạt chuyển động hỗn loạn nên có thể cho rằng phân tử khí cũng chuyển động hỗn loạn.

Nhiều thí nghiệm và phép đo dẫn đến những kết luận rõ hơn nữa. Các nhà khoa học đã tóm tắt và phát biểu thành thuyết động học phân tử.

Người ta đo và tính được kích thước phân tử hiđrô vào khoảng 2.10^{-10} m.

Từ thể tích mol, ta suy ra thể tích chia đều cho mỗi phân tử khí trong điều kiện chuẩn là

$$\frac{0,0224}{6,02.10^{23}} = 37.10^{-27}\text{ m}^3 = (3,3.10^{-9}\text{ m})^3$$

Đó là thể tích một hình lập phương có cạnh là $3,3.10^{-9}$ m, tức là xấp xỉ 16 lần kích thước phân tử.

C1 Tính tỉ số thể tích riêng của phân tử hiđrô và thể tích không gian chia đều cho mỗi phân tử trong điều kiện chuẩn.

5. Thuyết động học phân tử chất khí

a) Chất khí bao gồm các phân tử. Kích thước của phân tử là nhỏ. Trong phần lớn các trường hợp có thể bỏ qua kích thước ấy và coi mỗi phân tử như một chất điểm.

b) Các phân tử chuyển động hỗn loạn không ngừng. Nhiệt độ càng cao thì vận tốc chuyển động hỗn loạn càng lớn. Chuyển động hỗn loạn của phân tử gọi là *chuyển động nhiệt*.

Do phân tử chuyển động hỗn loạn, tại mỗi thời điểm, hướng của vận tốc phân tử phân bố đều

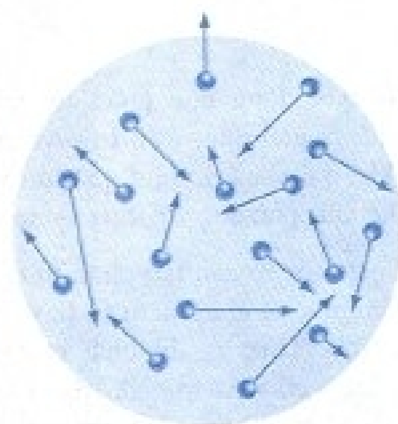
(theo mọi phương như nhau) trong không gian (Hình 44.2).

c) Khi chuyển động, mỗi phân tử va chạm với các phân tử khác và với thành bình (Hình 44.3b).

Giữa hai va chạm, phân tử gần như tự do và chuyển động thẳng đều.

Khi phân tử này va chạm với phân tử khác, thì cả hai phân tử tương tác, làm thay đổi phương chuyển động và vận tốc của từng phân tử.

Khi va chạm với thành bình, phân tử bị phản xạ và truyền động lượng cho thành bình. Rất nhiều phân tử va chạm với thành bình tạo nên một lực đẩy vào thành bình. Lực này tạo ra áp suất của chất khí lên thành bình.

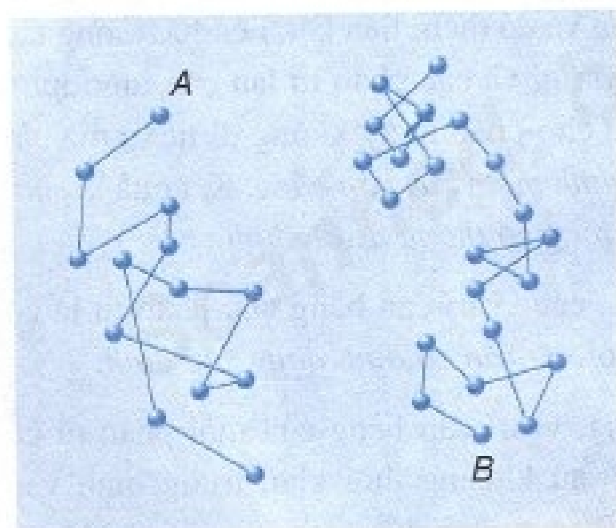


Hình 44.2 Chuyển động hỗn loạn của các phân tử khí

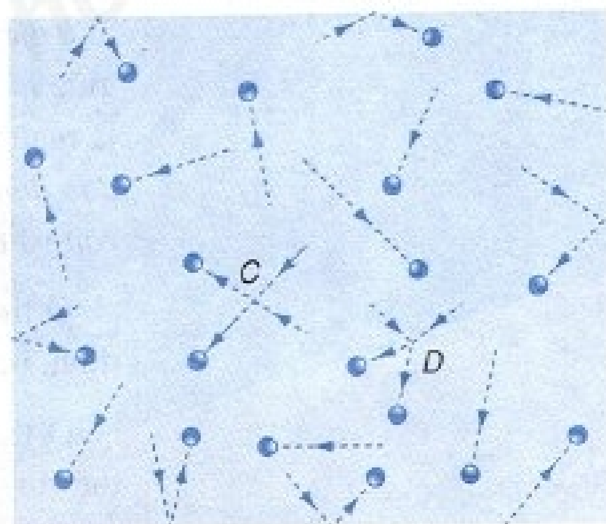
Do chuyển động hỗn loạn mà tốc độ có những giá trị rất khác nhau, từ nhỏ đến lớn. Song có thể đưa ra một giá trị trung bình của tốc độ phân tử

$$\overline{v} = \frac{\text{Tổng tốc độ của các phân tử}}{\text{Số phân tử}}$$

$\overline{v}$ tăng khi nhiệt độ tăng.



a) Chuyển động của từng phân tử riêng biệt (chỉ vẽ riêng hai phân tử *A* và *B*) trong một khoảng thời gian.



b) Chuyển động của tập hợp phân tử trong một khoảng thời gian ngắn (*C* và *D* là hai điểm tại đó xảy ra va chạm giữa hai phân tử).

Hình 44.3

Tóm lại, có thể coi gần đúng phân tử của chất khí là những chất điểm, chuyển động hỗn loạn không ngừng, chỉ tương tác với nhau khi va chạm. Chất khí như vậy gọi là *khí lí tưởng* (theo quan điểm cấu trúc vi mô).

6. Cấu tạo phân tử của chất

Thuyết động học phân tử chất khí mô tả gần đúng cấu trúc vi mô của khí ở áp suất không quá lớn và cho kết quả phù hợp với thực nghiệm.

Phần nói về cấu tạo phân tử của chất chỉ cho ta khái niệm sơ lược và định tính. Thực ra thì chất rắn và chất lỏng có cấu trúc đa dạng và phức tạp hơn, không đơn giản chỉ là cấu trúc phân tử.

Vận dụng cho các thể khác nhau của chất, thuyết động học phân tử vẫn thừa nhận *chất được cấu tạo từ những phân tử (hoặc nguyên tử) chuyển động nhiệt không ngừng*, và còn khảo sát thêm tác động của lực tương tác phân tử.

Ở thể khí, trong phần lớn thời gian các phân tử ở xa nhau, khi đó lực tương tác giữa các phân tử rất yếu, phân tử chuyển động hỗn loạn về mọi phía, do đó chất khí chiếm toàn bộ thể tích bình chứa, không có hình dáng và thể tích xác định.

Ở thể rắn và thể lỏng, mỗi phân tử luôn luôn có những phân tử khác ở gần (trong phạm vi khoảng cách một vài lần kích thước phân tử) ; ngoài ra các phân tử được sắp xếp với một trật tự nhất định, có thêm liên kết giữa những phân tử lân cận. Vì phân tử ở gần nhau và có thêm liên kết, nên lực tương tác giữa *một phân tử* và các phân tử lân cận luôn luôn là mạnh, giữ cho phân tử ấy không đi ra xa mà *chỉ dao động quanh một vị trí cân bằng*. Kết quả là *chất rắn và chất lỏng có thể tích xác định*.

Ở thể rắn, các vị trí cân bằng của phân tử là cố định, nên mỗi *vật rắn có hình dạng xác định*.

Ở thể lỏng, vị trí cân bằng của mỗi phân tử có thể dời chỗ sau khoảng thời gian trung bình vào cỡ 10^{-11} s. Vì có sự dời chỗ của các vị trí cân bằng, nên *chất lỏng không có hình dạng xác định* mà có thể chảy, và do đó có hình dạng của phần bình chứa nó.

CÂU HỎI

1. So sánh khối lượng phân tử của các khí H_2, He, O_2 và N_2 dựa vào bảng ghi khối lượng mol trong bài học.
2. Trong điều kiện chuẩn về nhiệt độ và áp suất, số phân tử trong đơn vị thể tích của các chất khí khác nhau có chênh lệch nhau không ?
3. Có thể bỏ qua kích thước phân tử của chất lỏng và chất rắn so với khoảng cách giữa các phân tử không ? Tại sao ?
4. Số A-vô-ga-đrô là gì ? Mol là gì ?
5. Có mối quan hệ như thế nào giữa nhiệt độ và chuyển động hỗn loạn của phân tử ?
6. Tính chất hỗn loạn của chuyển động nhiệt của phân tử được thể hiện ở tốc độ phân tử như thế nào ?

BÀI TẬP

1. Chọn câu **sai**.

   Số A-vô-ga-đrô có giá trị bằng

   A. số nguyên tử chứa trong 4 g heli.

   B. số phân tử chứa trong 16 g ôxi.

   C. số phân tử chứa trong 18 g nước lỏng.

   D. số nguyên tử chứa trong 22,4 *l* khí trơ ở $0^{o}C$ và áp suất 1 atm.

2. Một bình kín chứa $N = 3{,}01.10^{23}$ phân tử khí heli.

   a) Tính khối lượng He chứa trong bình.

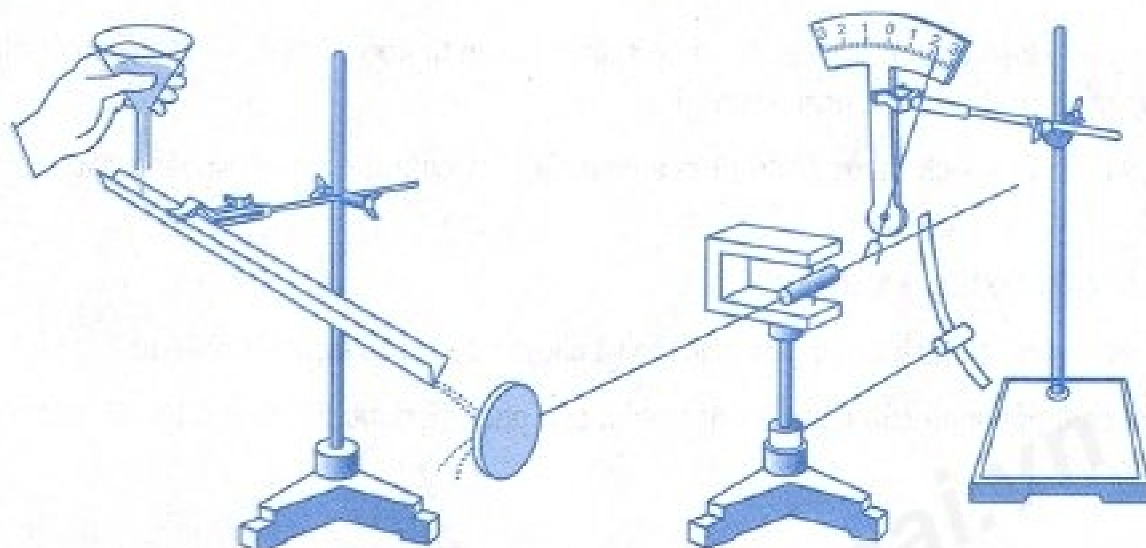
   b) Biết nhiệt độ khí là $0^{o}C$ và áp suất khí trong bình là 1 atm ($1{,}013.10^{5}$ Pa). Hỏi thể tích của bình là bao nhiêu ?

3. Tính tỉ số khối lượng phân tử nước và khối lượng nguyên tử cacbon 12.
4. Tính số phân tử H_2O có trong 1 g nước.

Em có biết ?

ÁP SUẤT CỦA CHẤT KHÍ LÊN THÀNH BÌNH ĐƯỢC TẠO NÊN NHƯ THẾ NÀO ?

Phân tử va chạm vào thành bình tạo nên áp suất.



Hình 44.4

Giải thích bằng thực nghiệm : Cho một dòng hạt cát chuyển động theo một hướng và va chạm vào một mặt phẳng thẳng đứng. Thí nghiệm chứng tỏ rằng mặt phẳng bị đẩy về phía sau bằng một lực. Lực càng lớn nếu số va chạm trong đơn vị thời gian càng nhiều và nếu vận tốc của hạt cát đến va chạm càng lớn (tất nhiên là góc mà dòng hạt cát tới va chạm vào mặt phẳng không thay đổi).

Giải thích bằng lí thuyết : Giả sử có một dòng phân tử khí tới va chạm vuông góc với thành bình. Mỗi phân tử có vận tốc v tới va chạm đàn hồi trực diện vào thành bình bị bật trở lại với vận tốc đổi chiều và cùng độ lớn. Mỗi va chạm truyền cho mặt thành bình một động lượng bằng $2mv$, m là khối lượng phân tử. Giả thiết trong một đơn vị thời gian có z phân tử tới va chạm vào một đơn vị diện tích thành bình. Lực tác dụng lên đơn vị diện tích (áp suất) thành bình bằng động lượng nhận được trong đơn vị thời gian, tức là bằng $z.2mv$.

Trong thực tế các phân tử có tốc độ khác nhau : v_1, v_2, v_3,... Người ta tính được áp suất tác dụng lên thành bình có giá trị :

$$p = \frac{2n}{3}\frac{m}{2}\frac{v_1^2 + v_2^2 + ... + v_N^2}{N} = \frac{2}{3}n\frac{(E_1 + E_2 + ... + E_N)}{N} = \frac{2}{3}n\overline{E}$$

trong đó n là số phân tử trong đơn vị thể tích, $E_1 = \frac{mv_1^2}{2}$ là động năng chuyển động nhiệt tịnh tiến của phân tử thứ nhất, $E_2 = \frac{mv_2^2}{2}$ là động năng chuyển động nhiệt tịnh tiến của phân tử thứ hai,... $\overline{E}$ là động năng chuyển động nhiệt tịnh tiến trung bình của phân tử.

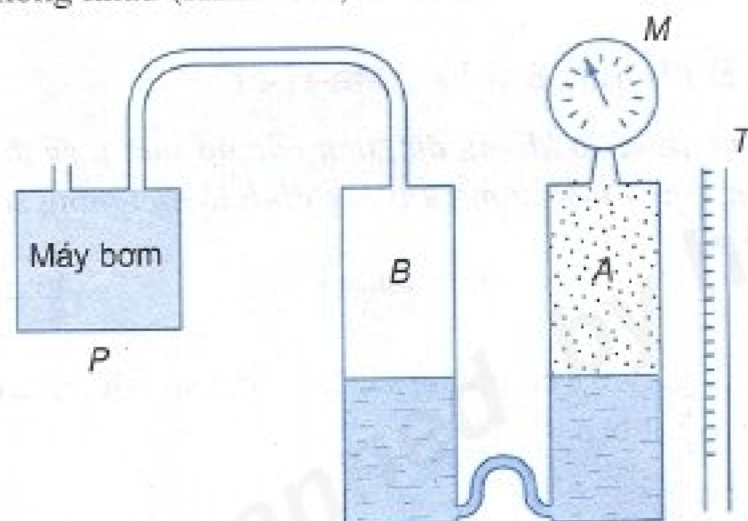
45 ĐỊNH LUẬT BÔI-LƠ – MA-RI-ỐT

Chất khí có tính chất dễ nén. Bài này khảo sát định lượng tính dễ nén : Nếu giữ nguyên nhiệt độ mà thay đổi áp suất tác dụng lên một lượng khí, thì thể tích của lượng khí ấy biến đổi thế nào ?

1. Thí nghiệm

a) Bố trí thí nghiệm

Lượng khí mà ta khảo sát được chứa trong bình A, dưới khí là nước. Nước trong hai bình A và B thông nhau (Hình 45.1).



Hình 45.1 Thí nghiệm đưa đến định luật Bôi-lơ – Ma-ri-ốt



Bôi-lơ (Robert Boyle, 1627 – 1691, nhà vật lí người Anh)

Bôi-lơ tìm ra định luật pV = hằng số năm 1662. Năm 1676 Ma-ri-ốt (Edme Mariotte, 1620 – 1684, nhà vật lí người Pháp), cũng tìm ra định luật này một cách độc lập.

Áp kế M đo áp suất p của khí, thước T dùng để xác định thể tích V của khí.

Máy bơm P nối với bình B để thay đổi áp suất của khí trong B và qua đó thay đổi áp suất của khí trong A.

b) Thao tác thí nghiệm

Làm chậm để nhiệt độ của khí không đổi (khí biến đổi đẳng nhiệt).

– Ban đầu B thông với khí quyển. Ghi được áp suất và thể tích của khí là $p_1 = 1$ atm, $V_1 = 20.S$ cm^3, S là tiết diện của bình A tính bằng cm^2.

C1 Hãy so sánh các tích p_1V_1, p_2V_2 và p_3V_3 nhận được từ thí nghiệm.

C2 Nếu coi các tích p_1V_1, p_2V_2 và p_3V_3 bằng nhau thì sai số là bao nhiêu ?

Ghi chú : Quá trình biến đổi trong đó nhiệt độ của những vật mà ta xét không đổi gọi là *quá trình đẳng nhiệt*. Định luật Bôi-lơ – Ma-ri-ốt còn có thể phát biểu : Trong quá trình đẳng nhiệt, tích của áp suất p và thể tích V của một lượng khí xác định là một hằng số.

Các phép đo chính xác cho biết : khi tăng áp suất từ 100 Pa tới 10^5 Pa thì tích pV có thay đổi chút ít :

tăng 0,1% đối với H_2,

tăng 0,1% đối với N_2,

giảm 0,6% đối với CO_2.

Ở những áp suất thấp thì sự sai lệch là rất nhỏ có thể bỏ qua.

C3 Hằng số trong công thức (45.2) có phụ thuộc nhiệt độ không ?

– Nối B với vòi hút của bơm P, hút nhẹ để giảm áp suất trong B và do đó giảm áp suất trong A. Ghi được $p_2 = 0,6$ atm, $V_2 = 30.S$ cm^3.

– Nối B với vòi đẩy của bơm P, bơm nhẹ để tăng áp suất trong B và trong A. Ghi được $p_3 = 1,9$ atm, $V_3 = 10.S$ cm^3.

c) Kết luận

Có thể coi gần đúng (với sai số tỉ đối là 5%)

$$p_1V_1 = p_2V_2 = p_3V_3 \quad (45.1)$$

Các thí nghiệm tinh vi khẳng định kết quả như trên với độ chính xác cao hơn.

2. Định luật Bôi-lơ – Ma-ri-ốt

Ở nhiệt độ không đổi, tích của áp suất p và thể tích V của một lượng khí xác định là một hằng số.

$$pV = \text{hằng số} \quad (45.2)$$

Thực ra thì có những sai lệch nhỏ so với (45.2), như ở cột bên.

3. Bài tập vận dụng

Xét 0,1 mol khí trong điều kiện chuẩn : áp suất $p_0 = 1$ atm $= 1,013.10^5$ Pa, nhiệt độ $t_0 = 0^oC$.

a) Tính thể tích V_0 của khí. Vẽ trên đồ thị $p - V$ điểm A biểu diễn trạng thái nói trên.

b) Nén khí và giữ nhiệt độ không đổi (nén đẳng nhiệt). Khi thể tích của khí là $V_1 = 0,5V_0$ thì áp suất p_1 của khí bằng bao nhiêu ? Vẽ trên cùng đồ thị điểm B biểu diễn trạng thái này.

c) Viết biểu thức của áp suất p theo thể tích V trong quá trình nén đẳng nhiệt ở câu b). Vẽ đường biểu diễn. Đường biểu diễn có dạng gì ?

Bài giải

a) $V_0 = 0{,}1$ thể tích mol = 2,24 *l*.

Điểm *A* có toạ độ : $V_0 = 2{,}24\ l$; $p_0 = 1$ atm.

b) Theo định luật Bôi-lơ – Ma-ri-ốt

$p_1V_1 = p_0V_0$; từ đó suy ra $p_1 = p_0\dfrac{V_0}{V_1} = 2$ atm.

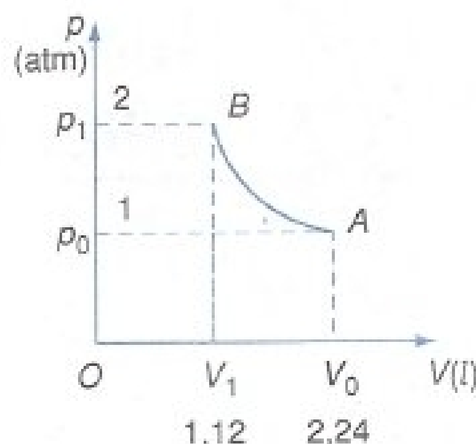
Điểm *B* có toạ độ : $V_1 = 1{,}12\ l$; $p_1 = 2$ atm.

c) Theo định luật Bôi-lơ – Ma-ri-ốt

pV = hằng số = $p_0V_0 = 2{,}24$ *l*.atm, từ đó suy ra

$p = \dfrac{2{,}24}{V}$ (*p* tính ra atm, *V* tính ra lít).

Đường biểu diễn quá trình nén đẳng nhiệt ở câu b) là một cung hypebol *AB* (Hình 45.2).



Hình 45.2 Đường biểu diễn quá trình đẳng nhiệt

CÂU HỎI

1. Có thể nói rằng : "Trong quá trình đẳng nhiệt thì thể tích *V* của một lượng khí biến đổi tỉ lệ nghịch với áp suất *p* tác dụng lên khí đó" được không ? Hãy lí giải điều này.
2. Dùng định luật Bôi-lơ – Ma-ri-ốt, hãy giải thích tại sao khi bơm xe đạp, trong một lần ta đẩy tay bơm để thể tích thân bơm giảm thì lại làm tăng áp suất khí trong săm (ruột) của bánh xe.
3. Tìm sự phụ thuộc của áp suất vào thể tích riêng của khí.
4. Tìm sự phụ thuộc của áp suất vào mật độ phân tử của khí. Mật độ phân tử là số phân tử trong đơn vị thể tích.

5*. Thừa nhận rằng số phân tử va chạm lên thành bình trong đơn vị thời gian tỉ lệ với mật độ phân tử. Hãy thử giải thích định luật Bôi-lơ – Ma-ri-ốt theo thuyết động học phân tử.

BÀI TẬP

1. Hãy chọn câu đúng.

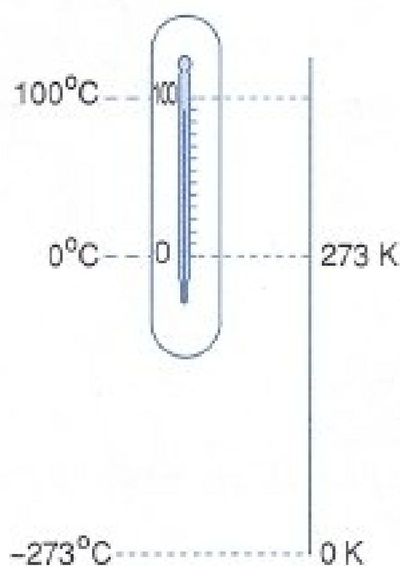
   Khi nén khí đẳng nhiệt thì số phân tử trong đơn vị thể tích

   A. tăng, tỉ lệ thuận với áp suất. B. không đổi.

   C. giảm, tỉ lệ nghịch với áp suất. D. tăng, tỉ lệ với bình phương áp suất.
2. Một bình có dung tích 5 *l* chứa 0,5 mol khí ở nhiệt độ 0^oC. Tính áp suất trong bình.
3. Nén khí đẳng nhiệt từ thể tích 10 *l* đến thể tích 4 *l* thì áp suất của khí tăng lên bao nhiêu lần ?
4. Một bọt khí ở đáy hồ sâu 5 m nổi lên đến mặt nước. Hỏi thể tích của bọt tăng lên bao nhiêu lần ?
5. Nén khí đẳng nhiệt từ thể tích 9 *l* đến thể tích 6 *l* thì thấy áp suất khí tăng lên một lượng $\Delta p = 50$ kPa. Hỏi áp suất ban đầu của khí là bao nhiêu ?

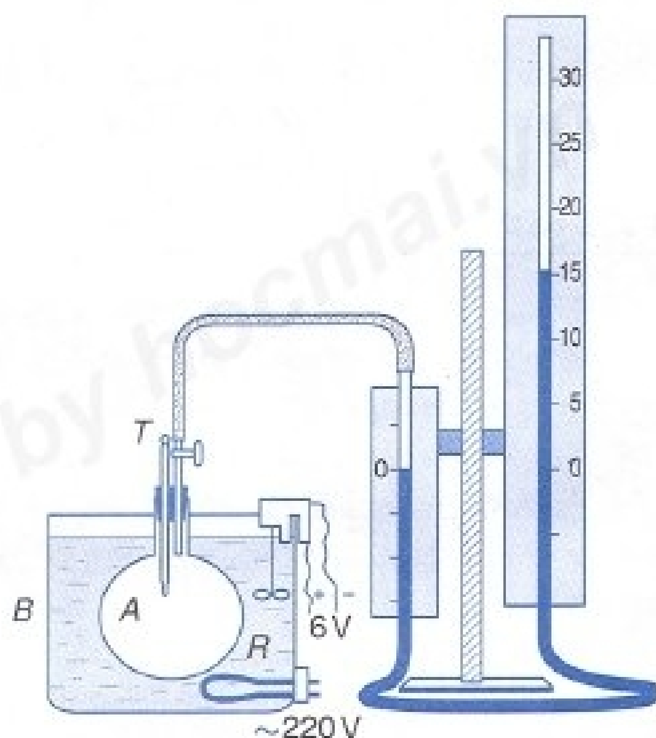
46 ĐỊNH LUẬT SÁC-LƠ NHIỆT ĐỘ TUYỆT ĐỐI

Sác-lơ (Jacques Charles, 1746 - 1823, nhà vật lí người Pháp) đã làm thí nghiệm để xem xét vấn đề sau đây : Nếu giữ nguyên thể tích và thay đổi nhiệt độ của một lượng khí thì áp suất của khí thay đổi thế nào ?



1. Bố trí thí nghiệm

Ta có thể dùng thiết bị như trên Hình 46.1 để làm thí nghiệm tương tự như thí nghiệm của Sác-lơ.



Hình 46.1 Thí nghiệm đưa đến định luật Sác-lơ

Bình A nhúng vào chậu nước B, trong chậu có một điện trở R có dòng điện chạy qua để làm nóng nước, một cánh quạt để khuấy cho nước nóng đều.

Áp suất p của khí trong bình A bằng áp suất khí quyển p_K cộng với áp suất tạo bởi cột nước có chiều cao h. h là độ chênh mực nước trong hai nhánh của ống hình chữ U.

Quá trình biến đổi của lượng khí có thể tích không đổi gọi là *quá trình đẳng tích*.

Xét lượng khí chứa trong bình A có thể tích không đổi (vì mực nước trong nhánh trái của ống hình chữ U luôn giữ ở số 0). Nhiệt kế T đo nhiệt độ của khí trong bình A.

2. Thao tác thí nghiệm

Ghi lại nhiệt độ và áp suất ban đầu của khí trong bình A. Cho dòng điện qua R và quạt khuấy nước để tăng nhiệt độ khí Δt. Ngắt điện, chờ ổn định nhiệt độ. Đo độ chênh mực nước h tương ứng. Từ h tính ra độ tăng áp suất Δp.

Làm với nhiều giá trị Δt khác nhau, ghi lại kết quả.

Chú ý : $h = 1$ mm ứng với

$\Delta p = \rho gh = 1\,000$ kg/m^3.10 m/s^2.0,001 m = 10 Pa.

3. Kết quả thí nghiệm

Nhiệt độ ban đầu 23°C, áp suất ban đầu

$$p_k = 1{,}01.10^5 \text{ Pa.}$$

Kết quả cho thấy rằng có thể coi một cách gần đúng :

$$\frac{\Delta p}{\Delta t} = B \qquad (46.1)$$

trong đó B là một hằng số đối với một lượng khí nhất định.

Dựa vào nhiều thí nghiệm chính xác hơn, phạm vi đo rộng hơn, có thể thừa nhận rằng hệ thức (46.1) đúng với mọi độ biến thiên nhiệt độ Δt khác nhau.

Nếu cho nhiệt độ biến đổi từ 0°C đến t°C thì

$$\Delta t = t - 0 = t$$

Độ biến thiên áp suất tương ứng là :

$$\Delta p = p - p_0$$

trong đó p và p_0 là áp suất của khí lần lượt ở nhiệt độ t°C và 0°C.

Thay biểu thức nói trên của Δp và Δt vào (46.1), ta có

$$p - p_0 = Bt$$

hay là
$$p = p_0 + Bt = p_0\left(1 + \frac{B}{p_0}t\right)$$

4. Định luật Sác-lơ

Sác-lơ đã làm thí nghiệm với nhiều chất khí khác nhau và phát hiện ra rằng tỉ số $\frac{B}{p_0}$ mà ông kí hiệu là γ (đọc là gama) trong những thí nghiệm khác nhau đều *có chung một giá trị đối với mọi chất khí và ở mọi khoảng nhiệt độ :*

$$\gamma = \frac{B}{p_0} = \frac{1}{273} \qquad (46.2)$$

Bảng 1

Kết quả thí nghiệm

Δt (°C)	h (mm)	Δp (Pa)	$\frac{\Delta p}{\Delta t}$
1°C	36	360	360
2°C	70	700	350
3°C	104	1 040	347
4°C	138	1 380	345

Các giá trị của $\frac{\Delta p}{\Delta t}$ trong cột thứ tư có thể coi là bằng nhau với sai số tỉ đối nhỏ hơn $\frac{360 - 345}{2.360} = 2{,}5\%$.

Từ bảng trên có thể suy ra các giá trị của γ là : $\frac{1}{259}, \frac{1}{266}, \frac{1}{268}, \frac{1}{270}$.

Đơn vị của hệ số γ

Hệ số γ trong công thức (46.2) phải có đơn vị thế nào đó để γt là một số không có đơn vị. Muốn thế đơn vị của γ phải là nghịch đảo của đơn vị t, tức là độ$^{-1}$.

Thực hiện các phép đo chính xác người ta thấy rằng :

– Đối với một chất khí đã cho, tỉ số $\frac{\Delta p}{\Delta t}$ ứng với các khoảng nhiệt độ Δt khác nhau thì hơi khác nhau chút ít.

– Hệ số tăng áp đẳng tích γ của các chất khí có sai lệch chút ít và sai lệch khác nhau so với giá trị $\frac{1}{273}$ độ$^{-1}$.

– Ở áp suất rất thấp thì những sự sai lệch nói trên là rất nhỏ, có thể bỏ qua.

Các phát hiện trên (công thức (46.1) và (46.2)) có thể phát biểu gộp lại thành *định luật Sác-lơ* :

Với một lượng khí có thể tích không đổi thì áp suất p phụ thuộc vào nhiệt độ t của khí như sau :

$$p = p_0(1 + \gamma t) \qquad (46.3)$$

γ có giá trị như nhau đối với mọi chất khí, mọi nhiệt độ và bằng $\frac{1}{273}$ độ$^{-1}$.

γ được gọi là *hệ số tăng áp đẳng tích.*

Đối với các khí thực thì định luật Sác-lơ chỉ là gần đúng.

5. Khí lí tưởng

Để mô tả tính chất chung của tất cả các chất khí người ta đưa ra mô hình khí lí tưởng.

Khí lí tưởng (theo quan điểm vĩ mô) **là khí tuân theo đúng hai định luật Bôi-lơ – Ma-ri-ốt và Sác-lơ.**

Muốn tính áp suất, thể tích, nhiệt độ của một khí thực trong một trạng thái nào đó, thì ta sẽ tính các đại lượng ấy đối với khí lí tưởng, kết quả nhận được là gần đúng đối với khí thực.

Các khí thực có tính chất gần đúng như khí lí tưởng. Ở áp suất thấp thì có thể coi mọi khí thực như là khí lí tưởng.

6. Nhiệt độ tuyệt đối

Áp dụng định luật Sác-lơ (46.3) cho khí lí tưởng, ta thấy rằng ở nhiệt độ

$$t = -\frac{1}{\gamma} = -273^{\circ}\text{C}$$

thì áp suất chất khí bằng 0 :

$$p = p_0\left(1 + \gamma\left(\frac{-1}{\gamma}\right)\right) = 0$$

Điều đó không thể đạt được.

Người ta coi nhiệt độ -273°C là nhiệt độ thấp nhất không thể đạt được và gọi là *không độ tuyệt đối.*

Lập luận dẫn đến khái niệm không độ tuyệt đối ghi ở cột bên chỉ có tính chất gợi mở. Những lí giải chặt chẽ nằm ngoài chương trình của sách này.

Ken-vin đề xuất một nhiệt giai mang tên ông. Trong nhiệt giai này thì *khoảng cách nhiệt độ 1 ken-vin (kí hiệu 1 K) bằng khoảng cách 1°C. Không độ tuyệt đối (0 K) ứng với nhiệt độ −273°C* (chính xác hơn là −273,15°C).

Nếu gọi T là số đo nhiệt độ trong nhiệt giai Ken-vin, còn t là số đo cùng nhiệt độ đó trong nhiệt giai Xen-xi-út thì :

$$T = t + 273 \qquad (46.4)$$

Nhiệt độ đo trong nhiệt giai Ken-vin còn được gọi là *nhiệt độ tuyệt đối*.

Trong nhiệt giai Ken-vin, công thức của định luật Sác-lơ trở nên đơn giản hơn. Thay t trong (46.3) bằng biểu thức rút từ (46.4) : $t = T - 273$, ta sẽ có

$$p = p_0\left(1 + \frac{T - 273}{273}\right) = \frac{p_0}{273}T$$

$\frac{p_0}{273}$ là một hằng số đối với một lượng khí xác định, tức là :

$$\frac{p}{T} = \text{hằng số} \qquad (46.5)$$

Bảng 2

Một vài số đo nhiệt độ

Nước sôi	100°C (373 K)
Nước đá đang tan chảy	0°C (273 K)
Thuỷ ngân đông đặc	−39°C (234 K)
Ôxi hoá lỏng (dưới áp suất $1,013.10^5$ Pa)	−183°C (90 K)

Định nghĩa nhiệt độ

Dựa vào hệ thức (46.5), ngày nay người ta định nghĩa nhiệt độ T trong nhiệt giai Ken-vin như sau : Nhiệt độ T là đại lượng tỉ lệ thuận với áp suất p của một lượng khí có thể tích không đổi ở áp suất thấp.

Nhờ có định luật Sác-lơ mới có thể đưa ra định nghĩa này. Mặt khác định nghĩa này bao hàm cả định luật Sác-lơ.

Trong nhiệt giai Ken-vin, người ta lấy nhiệt độ *điểm ba* của nước làm nhiệt độ 273,16 K. Từ chuẩn đó có thể chia độ nhiệt kế khí

$$T = \frac{p}{p_0}.273{,}16 \text{ K}$$

p_0 là áp suất ở nhiệt độ điểm ba,
p là áp suất ở nhiệt độ T.

C1 Công thức (46.5) áp dụng cho khí thực hay khí lí tưởng ?

CÂU HỎI

1. Một lượng khí có thể tích không đổi được làm nóng lên, áp suất của khí tăng gấp đôi. Hỏi nhiệt độ tuyệt đối T và nhiệt độ Xen-xi-út t của khí biến đổi như thế nào ?
2. Bóng điện dây tóc chứa khí trơ. Khi ta bật sáng bóng điện, áp suất khí trơ trong bóng điện thay đổi thế nào ?
3. Biết rằng khi nhiệt độ tăng thì vận tốc chuyển động nhiệt của phân tử nói chung cũng tăng, hãy thử giải thích định luật Sác-lơ bằng thuyết động học phân tử.

BÀI TẬP

1. Hãy chọn câu đúng.

   Khi làm nóng một lượng khí có thể tích không đổi thì

   A. áp suất khí không đổi.

   B. số phân tử trong đơn vị thể tích không đổi.

   C. số phân tử trong đơn vị thể tích tăng tỉ lệ thuận với nhiệt độ.

   D. số phân tử trong đơn vị thể tích giảm tỉ lệ nghịch với nhiệt độ.

2. Một bình được nạp khí ở nhiệt độ 33°C dưới áp suất 300 kPa. Sau đó bình được chuyển đến một nơi có nhiệt độ 37°C. Tính độ tăng áp suất của khí trong bình.

3. (*Nối tiếp bài tập vận dụng ở bài 45*)

   0,1 mol khí ở áp suất p_1 = 2 atm, nhiệt độ t_1 = 0°C có thể tích V_1 = 1,12 *l* (biểu diễn bởi điểm *B* trên Hình 45.2). Làm cho khí nóng lên đến nhiệt độ t_2 = 102°C và giữ nguyên thể tích khối khí.

   a) Tính áp suất p_2 của khí.

   b) Vẽ tiếp trên đồ thị $p - V$ (Hình 45.2) đường biểu diễn quá trình làm nóng đẳng tích (thể tích không đổi) nói trên.

4. Một lượng hơi nước có nhiệt độ 100°C và áp suất p_{100} = 1 atm ở trong một bình kín. Làm nóng bình và khí đến nhiệt độ 150°C thì áp suất khí trong bình bằng bao nhiêu ? Thành lập công thức cho áp suất của khí ở nhiệt độ *t* (Xen-xi-út) bất kì theo p_{100}.

Em có biết ?

• Nguyên lí III Nhiệt động lực học thừa nhận rằng không thể đạt được không độ tuyệt đối (0 K). Thực hiện nhiệt độ càng thấp, tức là càng gần không độ tuyệt đối, thì càng khó khăn. Ngày nay, nhiệt độ thấp nhất thực hiện được trong phòng thí nghiệm vào cỡ 10^{-9} K.

• Điểm ba của nước là trạng thái duy nhất (ứng với nhiệt độ 0,01°C và áp suất 609 Pa) ở đó có thể tồn tại cả ba thể rắn, lỏng, hơi của nước. Dùng điểm ba làm mốc nhiệt độ (273,16 K) thì thuận tiện, vì trạng thái này chỉ có một nhiệt độ xác định. Nhiệt độ nóng chảy của nước đá phụ thuộc vào áp suất ; nhiệt độ này chỉ bằng 0°C (hoặc 273,15 K) khi áp suất bằng 1 atm.

47 PHƯƠNG TRÌNH TRẠNG THÁI CỦA KHÍ LÍ TƯỞNG ĐỊNH LUẬT GAY LUY-XÁC

Xét một lượng khí xác định ; ở trạng thái cân bằng thì áp suất p, thể tích V và nhiệt độ T của khí đều có giá trị xác định. Khi chất khí biến đổi, chuyển từ trạng thái cân bằng này sang trạng thái cân bằng khác, thì cả ba đại lượng trên đều có thể biến đổi. Trong hai bài trước, ở mỗi bài ta giữ cho một đại lượng không đổi và xét sự phụ thuộc lẫn nhau của hai đại lượng kia (T không đổi thì pV = hằng số ; V không đổi thì $\frac{p}{T}$ = hằng số). Trong bài này ta tổng hợp kết quả của hai bài trước để tìm ra công thức thể hiện sự phụ thuộc lẫn nhau của cả ba đại lượng ấy.



Một lượng khí ở trạng thái cân bằng là một lượng khí đồng tính, áp suất và nhiệt độ tại mọi điểm trong chất khí đều như nhau, và không có dòng chuyển động vĩ mô trong khí. Mỗi trạng thái cân bằng có thể biểu diễn trên đồ thị p–V bằng một điểm.

1. Phương trình trạng thái

Kí hiệu p_1, V_1, T_1 là áp suất, thể tích và nhiệt độ của lượng khí mà ta xét ở trạng thái 1. Thực hiện một quá trình bất kì chuyển khí sang trạng thái 2 có áp suất p_2, thể tích V_2 và nhiệt độ T_2. Chúng ta đi tìm mối liên hệ giữa các giá trị đó.

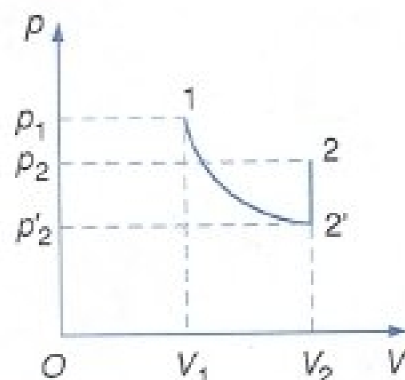
Muốn thế, ta thực hiện hai giai đoạn biến đổi :

$$(1)\begin{cases} p_1 \\ V_1 \\ T_1 \end{cases} \xrightarrow[\text{(đẳng nhiệt)}]{\text{Nhiệt độ không đổi}} (2')\begin{cases} p'_2 \\ V_2 \\ T_1 \end{cases} \xrightarrow[\text{(đẳng tích)}]{\text{Thể tích không đổi}} (2)\begin{cases} p_2 \\ V_2 \\ T_2 \end{cases}$$

(đường biểu diễn hai giai đoạn biến đổi trên đồ thị $p - V$ được vẽ ở Hình 47.1).

Áp dụng định luật Bôi-lơ – Ma-ri-ốt cho quá trình đẳng nhiệt (1) → (2'), ta có

$$p_1V_1 = p'_2V_2 \qquad (47.1)$$



Hình 47.1

Cung hypebol 12' biểu diễn quá trình đẳng nhiệt. Đoạn thẳng 2'2 biểu diễn quá trình đẳng tích.

Ghi chú

Ở trạng thái cân bằng mỗi đại lượng p, V, T của lượng khí chỉ có một giá trị xác định. Vì vậy khi chuyển từ trạng thái (1) sang trạng thái (2) bằng bất kì quá trình biến đổi nào, ta cũng được cùng một hệ thức (47.3).

Chất khí lí tưởng tuân theo đúng hai định luật Bôi-lơ – Ma-ri-ốt và Sác-lơ thì cũng tuân theo đúng phương trình trạng thái (47.4) và định luật Gay Luy-xác.

C1 Với một lượng khí đã cho thì hằng số trong công thức (47.4) có một giá trị duy nhất hay có thể có nhiều giá trị ?

Áp dụng định luật Sác-lơ cho quá trình đẳng tích (2') → (2), ta có

$$\frac{p_2'}{p_2} = \frac{T_1}{T_2} \text{ hay là } p_2' = p_2\frac{T_1}{T_2} \qquad (47.2)$$

Thay vào (47.1), ta có $p_1V_1 = p_2\frac{T_1}{T_2}V_2$ hay là

$$\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2} \qquad (47.3)$$

Việc chọn trạng thái 1, 2 là bất kì, vì vậy có thể viết

$$\frac{pV}{T} = \text{hằng số} \qquad (47.4)$$

Đây là *phương trình trạng thái của khí lí tưởng*. Hằng số ở vế bên phải của (47.4) kí hiệu là C, phụ thuộc vào lượng khí mà ta xét.

2. Định luật Gay Luy-xác

Xét một quá trình đẳng áp, trong đó áp suất p không đổi và bằng p_1. Phương trình (47.4) trở thành

$$\frac{V}{T} = \frac{C}{p_1} = \text{hằng số} \qquad (47.5)$$

Theo hệ thức này :

Thể tích V của một lượng khí có áp suất không đổi thì tỉ lệ với nhiệt độ tuyệt đối của khí. Đó là nội dung của *định luật Gay Luy-xác*.

3. Bài tập vận dụng

Một quả bóng thám không có thể tích $V_1 = 200\ l$ ở nhiệt độ $t_1 = 27^oC$ trên mặt đất. Bóng được thả ra và bay lên đến độ cao mà ở đó áp suất khí quyển chỉ còn bằng 0,6 áp suất khí quyển ở mặt đất và nhiệt độ là $t_2 = 5^oC$. Tính thể tích của quả bóng ở độ cao đó (bỏ qua áp suất phụ gây ra bởi vỏ bóng).

Bài giải

Áp dụng phương trình trạng thái

$$\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2}$$

ta suy ra :

$$V_2 = V_1\cdot\frac{p_1}{p_2}\cdot\frac{T_2}{T_1} = 200\cdot\frac{1}{0,6}\cdot\frac{5+273}{27+273} \approx 309\ l$$

CÂU HỎI

1. Thiết lập phương trình trạng thái bằng cách thực hiện hai giai đoạn biến đổi

$$(1)\begin{cases} p_1 \\ V_1 \\ T_1 \end{cases} \longrightarrow (2')\begin{cases} p_2' \\ V_1 \\ T_2 \end{cases} \longrightarrow (2)\begin{cases} p_2 \\ V_2 \\ T_2 \end{cases}$$

2. Từ phương trình trạng thái (47.4), hãy tìm lại định luật Bôi-lơ – Ma-ri-ốt và định luật Sác-lơ.

3. Hai phương trình trạng thái của hai lượng khí khác nhau thì có khác nhau không ? Nếu có thì khác nhau ở chỗ nào ?

4. Viết phương trình biểu diễn định luật Bôi-lơ – Ma-ri-ốt đối với cùng một lượng khí nhưng ở hai nhiệt độ tuyệt đối khác nhau. Hai phương trình ấy có khác nhau không ? Nếu có thì khác nhau ở chỗ nào ?

5. Từ phương trình (47.5) suy ra phương trình (47.6) (trong trang 234) và ngược lại.

6. Từ định luật Bôi-lơ – Ma-ri-ốt và định luật Gay Luy-xác (47.5) suy ra phương trình trạng thái của chất khí.

BÀI TẬP

1. Đối với một lượng khí xác định, quá trình nào sau đây là đẳng áp ?

A. Nhiệt độ không đổi, thể tích tăng.

B. Nhiệt độ không đổi, thể tích giảm.

C. Nhiệt độ tăng, thể tích tăng tỉ lệ thuận với nhiệt độ.

D. Nhiệt độ giảm, thể tích tăng tỉ lệ nghịch với nhiệt độ.

2. Nén 10 *l* khí ở nhiệt độ 27°C để cho thể tích của nó chỉ còn là 4 *l*, vì nén nhanh khí bị nóng lên đến 60°C. Hỏi áp suất của khí tăng lên bao nhiêu lần ? (Có thể đối chiếu với bài tập 3 ở bài *Định luật Bôi-lơ – Ma-ri-ốt*).

3. Một bình bằng thép dung tích 50 *l* chứa khí hiđrô ở áp suất 5 MPa và nhiệt độ 37°C. Dùng bình này bơm được bao nhiêu quả bóng bay, dung tích mỗi quả 10 *l*, áp suất mỗi quả $1{,}05.10^5$ Pa ? Nhiệt độ khí trong bóng bay là 12°C.

4. Một mol khí ở áp suất 2 atm và nhiệt độ 30°C thì chiếm một thể tích là bao nhiêu ?

Em có biết ?

Gay Luy-xác (Louis Joseph Gay - Lussac, 1778 – 1850, nhà vật lí và hoá học người Pháp) đã tìm ra định luật mang tên ông bằng thực nghiệm từ năm 1802 với cách phát biểu như sau : Thể tích V của một lượng khí có áp suất không đổi biến đổi tuyến tính theo nhiệt độ Xen-xi-út t của khí

$$V = V_0(1 + \beta t) \qquad (47.6)$$

V và V_0 lần lượt là thể tích của khí ở nhiệt độ t và 0°C. Hệ số β (đọc là bêta) có giá trị không đổi và bằng $\frac{1}{273}$ độ$^{-1}$ đối với mọi khoảng nhiệt độ và mọi chất khí khác nhau. Hệ số β gọi là *hệ số nở đẳng áp* của chất khí.

Hai công thức (47.5) và (47.6) tương đương với nhau, từ công thức nọ có thể suy ra công thức kia. Đó là hai cách diễn đạt khác nhau của định luật Gay Luy-xác. Học sinh chỉ cần nhớ và biết vận dụng công thức (47.5).

Ba định luật về chất khí đều được phát hiện bằng thực nghiệm : định luật Bôi-lơ – Ma-ri-ốt vào năm 1662, định luật Sác-lơ vào năm 1787, định luật Gay Luy-xác vào năm 1802. Sau này Cla-pê-rôn gộp kết quả của ba định luật vào một phương trình (1834), đó là phương trình trạng thái. Phương trình này cho thấy rằng ba định luật về chất khí không độc lập đối với nhau, mỗi định luật có thể coi là hệ quả của hai định luật kia.

Từ thuyết động học phân tử của chất khí và thừa nhận nhiệt độ tỉ lệ với động năng chuyển động nhiệt của phân tử, người ta có thể chứng minh được phương trình trạng thái.

48 PHƯƠNG TRÌNH CLA-PÊ-RÔN – MEN-ĐÊ-LÊ-ÉP



Phương trình trạng thái (47.4) cho biết sự phụ thuộc lẫn nhau của ba đại lượng đặc trưng cho trạng thái cân bằng của một lượng khí, đó là : áp suất p, thể tích V, nhiệt độ T (p, V, T còn gọi là ba *thông số trạng thái* của lượng khí).

Nếu muốn xét mối liên quan của ba đại lượng ấy với khối lượng (hoặc số mol) của lượng khí thì phải tính thêm hằng số ở vế phải của phương trình trạng thái (47.4).

1. Thiết lập phương trình

Xét một lượng khí có khối lượng là m, khối lượng mol của chất khí là μ. Số mol ν chứa trong lượng khí đó sẽ là $\nu = \frac{m}{\mu}$ (nếu m tính ra gam thì μ tính ra g/mol).

Đặt lượng khí đó trong điều kiện chuẩn, nghĩa là có :

– áp suất $p_0 = 1$ atm $= 1{,}013.10^5$ Pa,

– nhiệt độ $T_0 = 273$ K (tức là 0°C).

Thể tích V_0 của lượng khí ấy sẽ là ν lần thể tích mol của khí trong điều kiện chuẩn, nghĩa là :

$$V_0 = \nu.22{,}4\ l/\text{mol} = \nu.0{,}0224\ \text{m}^3/\text{mol}$$

Từ ba giá trị trên, ta có thể tính được hằng số C ở vế phải của phương trình trạng thái đối với lượng khí mà ta xét

$$C = \frac{p_0V_0}{T_0} = \nu\frac{1{,}013.10^5.0{,}0224}{273}\left(\frac{\text{Pa}}{\text{K}}.\frac{\text{m}^3}{\text{mol}}\right) = \nu R$$

trong đó

$$R = \frac{1{,}013.10^5.0{,}0224}{273} = 8{,}31\left(\frac{\text{Pa}}{\text{K}}\cdot\frac{\text{m}^3}{\text{mol}}\right)$$

Chú ý rằng $\text{Pa.m}^3 = \frac{\text{N}}{\text{m}^2}\text{m}^3 = \text{Nm} = \text{J}$

Vậy $R = 8{,}31$ J/mol.K (48.1)

R là một hằng số. Giá trị của R là như nhau đối với mọi chất khí, vì vậy R gọi là *hằng số của các khí*. Thay giá trị của hằng số $C = \nu R$ vào vế phải của phương trình trạng thái (47.4), ta có

$$pV = \nu RT = \frac{m}{\mu}RT \quad (48.2)$$

đây là *phương trình Cla-pê-rôn – Men-đê-lê-ép*.

2. Bài tập vận dụng

Bài 1

Tính khối lượng khí trong bóng thám không có thể tích 200 l, nhiệt độ $t = 27°$C (đã nói ở bài tập vận dụng của bài trước). Biết rằng khí đó là hiđrô có khối lượng mol $\mu = 2$ g/mol và áp suất khí quyển là 100 kPa.

Bài giải

$p = 10^5$ Pa ; $V = 0{,}200$ m³/mol ; $T = (273 + 27)$ K

Theo phương trình (48.2) :

$$m = \mu\frac{pV}{RT} = 2\cdot\frac{10^5.0{,}2}{8{,}31.(273+27)} = 16 \text{ g}$$

Khối lượng khí trong bóng là 16 g.

Bài 2

Tìm sự phụ thuộc của áp suất p của chất khí vào số phân tử khí n có trong đơn vị thể tích (còn gọi là mật độ phân tử khí)

Bài giải

Xét ν mol khí, lượng khí này chứa số phân tử N :

$N = \nu N_A$ (N_A là số A-vô-ga-đrô = $6{,}02.10^{23}$ mol^{-1})

Áp suất p có thể tính từ (48.2) :

$$p = \frac{\nu}{V}RT = \frac{\nu N_A}{V} \cdot \frac{R}{N_A} . T = \frac{N}{V} \cdot \frac{R}{N_A} . T$$

$\frac{N}{V}$ chính là số phân tử n trong đơn vị thể tích (mật độ phân tử).

Người ta đặt

$$k = \frac{R}{N_A} = \frac{8,31}{6,02.10^{23}} = 1,38.10^{-23} \text{ J/K} \quad (48.3)$$

k gọi là *hằng số Bôn-xơ-man.*

Ta có :

$$p = nkT \quad (48.4)$$

CÂU HỎI

1. So sánh phương trình trạng thái và phương trình Cla-pê-rôn – Men-đê-lê-ép, phương trình sau có thêm nội dung gì so với phương trình trước ?
2. Từ phương trình Cla-pê-rôn – Men-đê-lê-ép suy ra rằng áp suất của một lượng khí tỉ lệ với khối lượng riêng của khí và tỉ lệ với nhiệt độ.

BÀI TẬP

1. Hãy chọn câu đúng.
   Hằng số của các khí R có giá trị bằng
   A. tích của áp suất và thể tích của một mol khí ở 0^oC.
   B. tích của áp suất và thể tích chia cho số mol ở 0^oC.
   C. tích của áp suất và thể tích của một mol khí ở nhiệt độ bất kì chia cho nhiệt độ đó.
   D. tích của áp suất và thể tích của một mol khí ở nhiệt độ bất kì.
2. Một bình chứa khí ôxi có dung tích 10 *l*, áp suất 250 kPa và nhiệt độ 27^oC. Tính khối lượng ôxi trong bình.
3. Khí chứa trong một bình dung tích 3 *l*, áp suất 200 kPa và nhiệt độ 16^oC có khối lượng 11 g. Tính khối lượng mol của khí ấy.
4. Một bình dung tích 5 *l* chứa 7 g nitơ (N_2) ở nhiệt độ 2^oC. Tính áp suất khí trong bình.

49 BÀI TẬP VỀ CHẤT KHÍ

1. Một số nét chung

Dạng tổng quát của bài tập về chất khí có thể viết như sau : Biết các thông số trạng thái p_1, V_1, T_1 ở trạng thái ban đầu của một lượng khí ; sau quá trình biến đổi, ở trạng thái cuối các thông số có giá trị p_2, V_2, T_2 mà một trong số đó là chưa biết, cần phải tính.

Sẽ có những tình huống như sau :

1. Trong quá trình biến đổi *có một thông số không đổi*

a) Nhiệt độ T không đổi (đẳng nhiệt) : T = hằng số hoặc $T_1 = T_2$

Áp dụng định luật Bôi-lơ – Ma-ri-ốt dưới dạng

$$pV = \text{hằng số} \quad \text{hoặc} \quad \frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

b) Thể tích V không đổi (đẳng tích) : $V_1 = V_2$

Áp dụng định luật Sác-lơ $p = BT$ hoặc $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$

c) Áp suất p không đổi (đẳng áp) : $p_1 = p_2$

Áp dụng định luật Gay Luy-xác $\frac{V}{T}$ = hằng số hoặc $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

2. Trong quá trình biến đổi *cả ba thông số đều biến đổi* và không cần biết đến khối lượng của chất khí thì dùng phương trình trạng thái

$$\frac{pV}{T} = \text{hằng số} \quad \text{hoặc} \quad \frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2}$$

3. Cần *tính khối lượng* của chất khí, hoặc *cho khối lượng của chất khí làm một dữ kiện để tính đại lượng khác* thì dùng phương trình Cla-pê-rôn – Men-đê-lê-ép

$$pV = \frac{m}{\mu}RT$$

2. Bài tập vận dụng

Một bình chứa ôxi (O_2) nén ở áp suất p_1 = 15 MPa và nhiệt độ t_1 = 37°C có khối lượng (bình và khí) M_1 = 50 kg. Dùng khí một thời gian, áp suất khí là p_2 = 5 MPa ở nhiệt độ t_2 = 7°C, khối lượng của bình và khí là M_2 = 49 kg.

a) Hỏi khối lượng khí còn lại trong bình là bao nhiêu ?

b) Tính dung tích V của bình. Biết khối lượng mol của ôxi là 32 g/mol.

Bài giải

a) Gọi m_1 và m_2 là khối lượng ôxi trong bình trước và sau khi dùng, V là dung tích của bình. Áp dụng phương trình Cla-pê-rôn – Men-đê-lê-ép cho lượng ôxi có khối lượng m_1 và m_2, ta có hai phương trình

$$p_1V = \frac{m_1}{\mu}RT_1 \text{ và } p_2V = \frac{m_2}{\mu}RT_2$$

chia từng vế của phương trình trước cho phương trình sau, ta được :

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{T_1}{T_2}$$

suy ra

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{p_1}{p_2} \cdot \frac{T_2}{T_1} = \frac{15}{5} \cdot \frac{273+7}{273+37} = 2,71 \qquad (49.1)$$

Mặt khác :

$$m_1 - m_2 = M_1 - M_2 = 1 \text{ kg} \qquad (49.2)$$

Từ (49.1) và (49.2) suy ra

$$2,71m_2 - m_2 = 1 \text{ kg} \qquad m_2 = \frac{1}{1,71} \approx 0,58 \text{ kg}$$

b) Dung tích V của bình

$$V = \frac{m_2RT_2}{\mu p_2} = \frac{0,58.8,31.280}{0,032.5.10^6} \approx 0,0084 \text{ m}^3$$

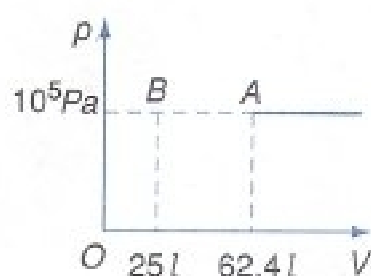
$$V \approx 8,4\ l$$

Ghi chú : Khi giải bài này, ta đã coi khí ôxi ở áp suất 150 atm như là khí lí tưởng, vì thế kết quả chỉ là gần đúng (sai lệch có thể đến cỡ 5%).

3. Vẽ đồ thị

Bài tập 1

Vẽ đường biểu diễn quá trình làm nóng đẳng áp 10 g khí heli có áp suất $p_0 = 10^5$ Pa và nhiệt độ ban đầu $T_0 = 300$ K trên các đồ thị $p - V$, $p - T$, $V - T$.



Hình 49.1

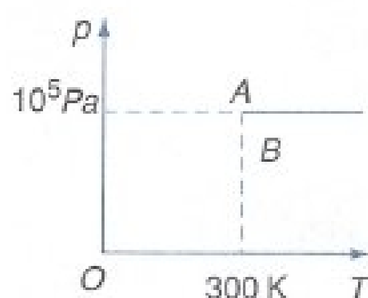
Bài giải

Thể tích V của khí phụ thuộc vào nhiệt độ T như sau :

$$V = \frac{m}{\mu}\frac{R}{p_0}T = \frac{10}{4}\cdot\frac{8,31}{10^5}T \approx 2,08.10^{-4}T$$

với $T_0 = 300$ K thì

$$V_0 = 0,0624 \text{ m}^3 = 62,4\ l$$



Hình 49.2

Trên đồ thị $p - V$ và $p - T$, đường biểu diễn là nửa đường thẳng song song với trục hoành, kéo dài cắt trục tung (áp suất) ở điểm có tung độ $p_0 = 10^5$ Pa (Hình 49.1 và 49.2).

Trên đồ thị $V - T$ đường biểu diễn là nửa đường thẳng kéo dài qua gốc toạ độ O, độ dốc $2,08.10^{-4}$ (đường AZ trên Hình 49.3).

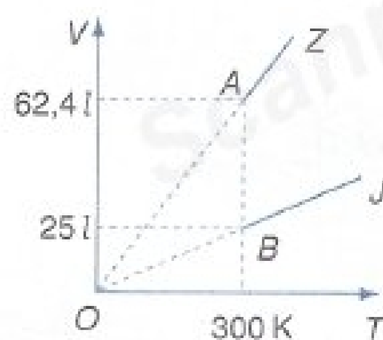
Bài tập 2

Giống như bài tập 1 với 4 g heli.

Bài giải

Chỉ khác bài tập 1 ở chỗ

$$V = \frac{4}{4}\cdot\frac{8,31}{10^5}T = 8,31.10^{-5}T\ ,\ V_0 = 25\ l$$



Hình 49.3

Đường biểu diễn trên đồ thị $p - T$ giống như ở bài tập 1 (Hình 49.2), trên đồ thị $p - V$ vẫn là nửa đường thẳng song song với trục hoành nhưng bắt đầu từ điểm B (Hình 49.1), trên đồ thị $V - T$ là nửa đường thẳng BJ kéo dài qua gốc toạ độ O nhưng có độ dốc bằng $8,31.10^{-5}$, nhỏ hơn độ dốc của AZ 2,5 lần.

Bài tập 3

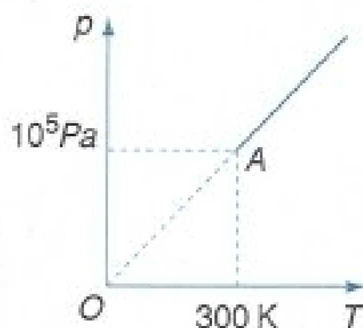
Vẽ đường biểu diễn quá trình làm nóng đẳng tích 10 g heli từ trạng thái ban đầu như ở bài tập 1 trên đồ thị $p - T$.

Bài giải

Áp suất p phụ thuộc vào nhiệt độ theo công thức

$$\frac{p}{p_0} = \frac{T}{T_0} \text{ hay là } p = \frac{p_0}{T_0}T = \frac{10^5}{300}T = \frac{1000}{3}T$$

Đường biểu diễn là nửa đường thẳng kéo dài qua gốc toạ độ, độ dốc là $\frac{1000}{3}$ (Hình 49.4).



Hình 49.4

Chú ý rằng đường biểu diễn này không phụ thuộc vào khối lượng của khí.

4. Bài tập trắc nghiệm

1. Khi ta làm nóng đẳng tích một lượng khí lí tưởng, đại lượng nào sau đây không đổi ?

A. $\frac{n}{p}$.　　　B. $\frac{n}{T}$.

C. $\frac{p}{T}$.　　　D. nT.

(n là số phân tử trong đơn vị thể tích).

2. Hai bình chứa khí lí tưởng ở cùng nhiệt độ. Bình B có dung tích gấp đôi bình A, có số phân tử bằng nửa số phân tử trong bình A. Mỗi phân tử khí trong bình B có khối lượng gấp đôi khối lượng mỗi phân tử trong bình A. Áp suất khí trong bình B so với áp suất khí trong bình A thì

A. bằng nhau.　　　B. bằng một nửa.

C. bằng $\frac{1}{4}$.　　　D. gấp đôi.

Hãy chọn câu đúng.

3. Hai phòng kín có thể tích bằng nhau, thông với nhau bằng một cửa mở. Nhiệt độ không khí trong hai phòng khác nhau, thì số phân tử trong mỗi phòng so với nhau sẽ là

A. bằng nhau.

B. nhiều hơn ở phòng nóng.

C. nhiều hơn ở phòng lạnh.

D. tuỳ theo kích thước của cửa.

Hãy chọn câu đúng.

4. So sánh phương trình trạng thái $\frac{pV}{T}$ = const (47.4) và phương trình Cla-pê-rôn – Men-đê-lê-ép $pV = \frac{m}{\mu}RT$ (48.2) thì

A. (47.4) và (48.2) hoàn toàn khác nhau.
B. (47.4) và (48.2) hoàn toàn tương đương.
C. (47.4) chứa nhiều thông tin hơn (48.2).
D. (48.2) chứa nhiều thông tin hơn (47.4).
Hãy chọn câu đúng.

BÀI ĐỌC THÊM

ĐỘNG NĂNG TRUNG BÌNH CỦA CHUYỂN ĐỘNG NHIỆT CỦA PHÂN TỬ

Trong phần "Bạn có biết" của bài 44, ta đã dẫn ra công thức cho áp suất p của chất khí, tính được theo thuyết động học phân tử

$$p = \frac{2}{3}n\overline{E} \qquad (1)$$

trong đó n là số phân tử trong đơn vị thể tích, $\overline{E}$ là động năng trung bình chuyển động nhiệt tịnh tiến của phân tử.

Mặt khác, từ phương trình Cla-pê-rôn – Men-đê-lê-ép, tức là từ các định luật về chất khí, suy ra công thức (48.4) cho áp suất

$$p = nkT \qquad (2)$$

Đối chiếu hai phương trình trên, ta tìm được giá trị trung bình của động năng chuyển động nhiệt tịnh tiến của phân tử

$$\overline{E} = \frac{3}{2}kT \qquad (3)$$

k là hằng số Bôn-xơ-man cho bởi (48.3), còn T là nhiệt độ tuyệt đối.

Công thức này cho biết rằng động năng trung bình của chuyển động nhiệt tịnh tiến của một phân tử, hay một hạt nhỏ tham gia chuyển động nhiệt, không phụ thuộc khối lượng của phân tử (hay của hạt) mà chỉ phụ thuộc nhiệt độ. Động năng trung bình của chuyển động nhiệt tỉ lệ thuận với nhiệt độ tuyệt đối T.

Có thể cho rằng nhiệt độ tuyệt đối T là thước đo chuyển động nhiệt. Người ta có thể định nghĩa, theo công thức (3), nhiệt độ T là đại lượng bằng $\frac{2}{3k}\overline{E}$. Với định nghĩa nhiệt độ như vậy thì từ phương trình (1) suy ra được phương trình (2), nghĩa là có thể dùng lí thuyết chứng minh được phương trình Cla-pê-rôn – Men-đê-lê-ép, tức là chứng minh được ba định luật về chất khí.

TÓM TẮT CHƯƠNG VI

Chủ đề	Ý chính
Thuyết động học phân tử chất khí **Cấu tạo chất** **Khí lí tưởng** **Định luật Bôi-lơ – Ma-ri-ốt (1)** **Định luật Sác-lơ (2)** **Định luật Gay Luy-xác (3)** **Nhiệt độ tuyệt đối** **Phương trình trạng thái (5)** **Phương trình Cla-pê-rôn – Men-đê-lê-ép (6)**	**Thuyết động học phân tử chất khí** Chất khí gồm các phân tử coi như chất điểm, chuyển động hỗn loạn, không tương tác ngoài lúc va chạm, va chạm là đàn hồi. **Cấu tạo chất** Các chất được cấu tạo từ phân tử, phân tử chuyển động nhiệt không ngừng và tương tác với nhau. Tuỳ theo lực tương tác phân tử yếu hay mạnh mà chất tồn tại ở thể khí hay thể lỏng và rắn (xem bài 44).

Đặc điểm của khí lí tưởng

– Về cấu trúc vi mô : đúng như thuyết động học phân tử chất khí.

– Về tính chất vĩ mô : tuân theo đúng định luật Bôi-lơ – Ma-ri-ốt và định luật Sac-lơ, do đó tuân theo đúng phương trình trạng thái (5).

Nhiệt độ tuyệt đối, hay nhiệt độ Ken-vin (K)

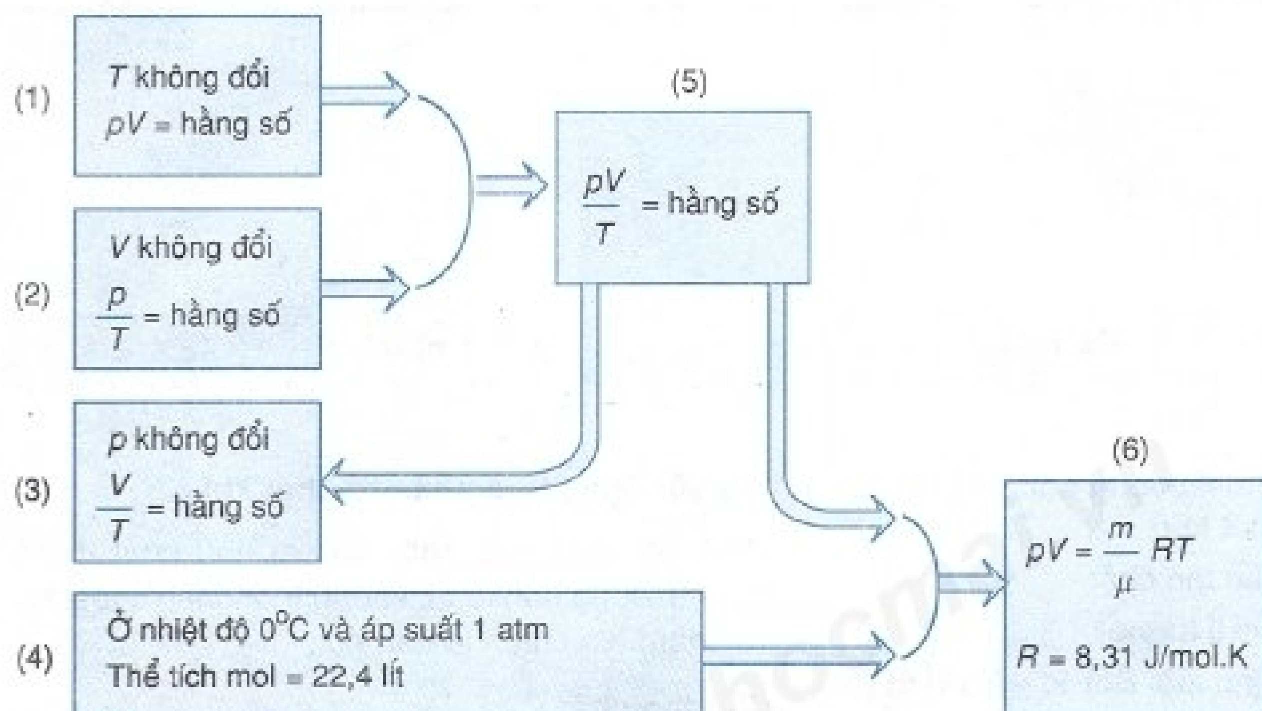
Khoảng cách nhiệt độ 1 K bằng khoảng cách 1^oC.

Không độ tuyệt đối (0 K) tương ứng với nhiệt độ -273^oC

$$T = t + 273$$

T và t là số đo cùng một nhiệt độ trong nhiệt giai Ken-vin và trong nhiệt giai Xen-xi-út.

Ba thông số xác định trạng thái của một lượng khí là áp suất p, thể tích V và nhiệt độ T. Trong quá trình biến đổi trạng thái, ba thông số phụ thuộc lẫn nhau theo các định luật (1), (2), (3) và theo các phương trình (5), (6).

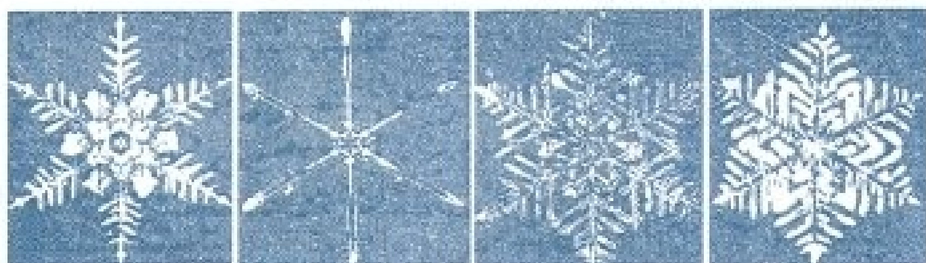


(1) (2) (3) (4) là kết quả thực nghiệm

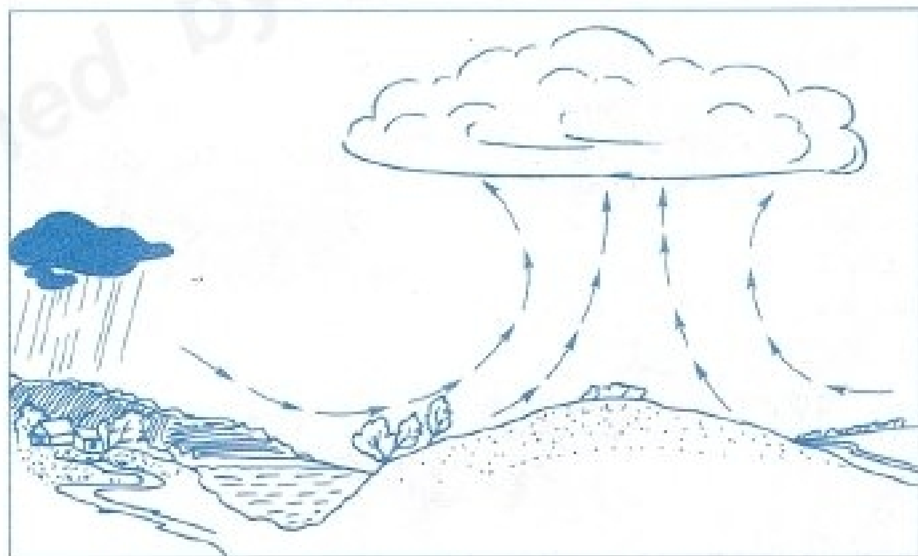
(3) lại có thể suy ra từ (5) tức là từ (1) (2)

CHƯƠNG VII

Chất rắn và chất lỏng
Sự chuyển thể



Hoa tuyết

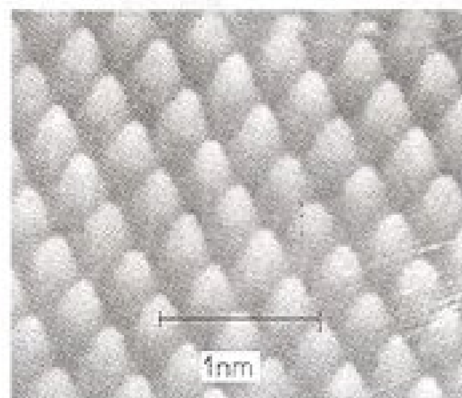


Vòng tuần hoàn của nước trên bề mặt Trái Đất
(Nước hoá hơi tạo thành mây, mây ngưng tụ tạo ra mưa.
Trời lạnh nước có thể đông lại thành tuyết)

Trong chương này ta sẽ khảo sát :

- Đặc tính, cấu trúc, chuyển động nhiệt, một số tính chất vĩ mô của chất rắn và chất lỏng.
- Sự chuyển thể.
- Độ ẩm của không khí.

50 CHẤT RẮN



Ảnh các nguyên tử trên bề mặt đơn tinh thể mica chụp bằng hiển vi lực nguyên tử (AFM).

Thuật ngữ *trạng thái* có thể dùng để chỉ một dạng tập hợp của chất như : trạng thái khí, trạng thái lỏng, trạng thái rắn (trong trường hợp này có thể thay bằng thuật ngữ *thể*, như thể khí, thể lỏng, thể rắn), hoặc để chỉ một dạng tồn tại xác định bởi một số đại lượng nào đó. Ví dụ ta nói : một lượng khí được làm biến đổi từ trạng thái 1 (xác định bởi p_1, V_1, T_1) sang trạng thái 2 (xác định bởi p_2, V_2, T_2).

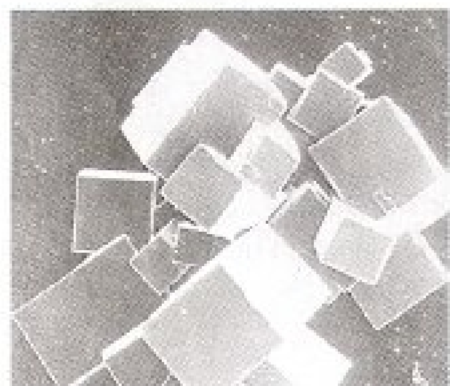
Tuỳ theo điều kiện ngoài, các chất có thể tồn tại ở một trong ba trạng thái : rắn, lỏng hay khí. Ta đã khảo sát trạng thái khí ở chương trên, sau đây ta lần lượt khảo sát trạng thái rắn và lỏng. Khác với khí, vật rắn hay khối lỏng có thể tích xác định khi nhiệt độ và áp suất không đổi. Riêng vật rắn còn giữ nguyên hình dạng.

1. Chất rắn kết tinh và chất rắn vô định hình

Quan sát : Cho bốn ảnh chụp của bốn vật rắn (Hình 50.1). Hình dạng bên ngoài của chúng có gì giống nhau, có gì khác nhau ?

Có thể phân chia các chất rắn thành hai loại : *chất rắn kết tinh* (như muối, thạch anh,...) và *chất rắn vô định hình* (như nhựa thông, hắc ín,...).

Về hình dạng bên ngoài, chất rắn kết tinh *có dạng hình học*, còn chất rắn vô định hình *không có dạng hình học*.


a) Muối ăn


b) Thạch anh


c) Nhựa thông


d) Hắc ín

***Hình 50.1** Ảnh chụp bốn vật rắn*

Một số chất (như lưu huỳnh, đường,...) có thể là chất rắn kết tinh hay chất rắn vô định hình tuỳ thuộc vào việc người ta làm chúng rắn lại như thế nào. Ví dụ nếu ta đun lưu huỳnh kết tinh cho nóng chảy ra (ở 350°C), rồi làm nguội đột ngột bằng cách đổ lưu huỳnh nóng chảy này vào nước lạnh, thì ta có lưu huỳnh rắn vô định hình. Còn nếu ta để lưu huỳnh nguội dần dần cho đến khi đông đặc thì ta lại có lưu huỳnh kết tinh.

C1 Hãy quan sát các ảnh chụp của bốn vật rắn ở Hình 50.1 và nhận xét về hình dạng bên ngoài của chúng.

Nếu đập vỡ vụn hạt muối và nhìn vụn muối qua kính lúp, ta thấy các vụn muối vẫn có dạng hình học.

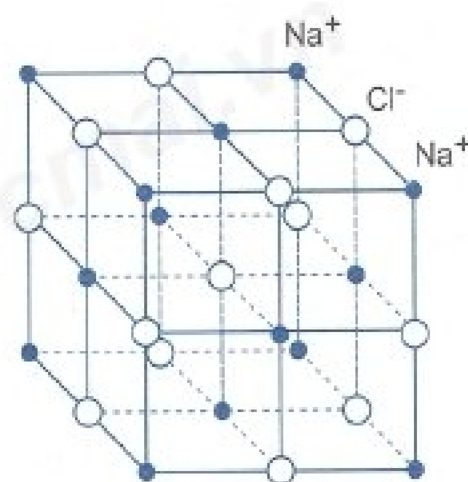
Nếu đập vỡ vụn cục nhựa thông, ta thấy vụn nhựa thông có hình dạng bất kì.

Như vậy xét về hình dạng bên ngoài thì vật rắn kết tinh dù bị vỡ nhỏ ra vẫn có dạng hình học.

2. Tinh thể và mạng tinh thể

Các vật rắn có dạng hình học như vừa nói ở trên được gọi là các *tinh thể*.

Dùng những thiết bị hiện đại để khảo sát cấu trúc bên trong tinh thể, người ta thấy các hạt (nguyên tử, phân tử, ion,...) cấu tạo nên tinh thể chiếm những vị trí xác định, có trật tự và trật tự này được lặp lại tuần hoàn trong không gian. Dạng hình học của tinh thể có liên quan đến cấu trúc này.



Hình 50.2 Cấu trúc tinh thể muối ăn

Nếu ta không để ý đến bản chất các hạt tạo thành tinh thể mà chỉ để ý đến cách sắp xếp, cách phân bố các hạt trong không gian thì ta đi đến khái niệm *mạng tinh thể*.

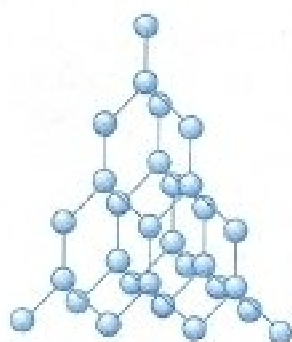
Mạng tinh thể là một mạng lưới mô tả cách phân bố trong không gian của các hạt cấu tạo nên tinh thể.

Hạt ở mạng tinh thể có thể là ion dương hay âm (như ở mạng tinh thể muối ăn) (Hình 50.2), có thể chỉ là ion dương (như ở mạng tinh thể kim loại), có thể là nguyên tử (như ở tinh thể kim cương, silic, gemani,...) và có thể là phân tử (như tinh thể CO_2). Giữa các hạt trong mạng tinh thể có lực tương tác. Lực này phụ thuộc vào bản chất của các hạt và sự liên kết giữa chúng. Lực tương tác này có tác dụng duy trì cấu trúc mạng tinh thể.

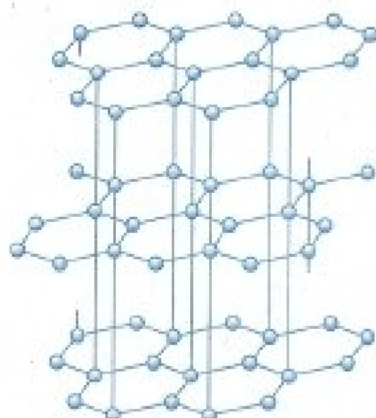
C2 Hãy lí giải câu nói : "Tính dị hướng của tinh thể bắt nguồn từ sự dị hướng của cấu trúc mạng tinh thể" qua việc xét mạng tinh thể lập phương vẽ ở Hình 50.2.

Một chất rắn có thể kết tinh theo nhiều kiểu cấu trúc tinh thể khác nhau. Chẳng hạn như cacbon ở

trạng thái rắn có thể là *kim cương*, mà cấu trúc tinh thể được vẽ ở Hình 50.3, hay là *than chì*, mà cấu trúc tinh thể được vẽ ở Hình 50.4.



Hình 50.3 Cấu trúc tinh thể kim cương



Hình 50.4 Cấu trúc tinh thể than chì

3. Vật rắn đơn tinh thể và vật rắn đa tinh thể

Một vật rắn được cấu tạo chỉ từ một tinh thể được gọi là *vật rắn đơn tinh thể*, ví dụ như hạt muối ăn (Hình 50.1a), đá thạch anh (Hình 50.1b). Một vật rắn được cấu tạo từ nhiều tinh thể con gắn kết hỗn độn với nhau được gọi là *vật rắn đa tinh thể*, ví dụ như một tấm kim loại, một thỏi kim loại.

4. Chuyển động nhiệt ở chất rắn kết tinh và chất rắn vô định hình

Thật ra, mỗi hạt cấu tạo nên tinh thể không đứng yên mà luôn dao động quanh một vị trí cân bằng được xác định trong mạng tinh thể. Do đó, chuyển động nhiệt ở chất rắn kết tinh chính là *dao động của mỗi hạt quanh một vị trí cân bằng xác định của mạng.*

Chuyển động nhiệt ở chất rắn vô định hình là *dao động của các hạt quanh vị trí cân bằng.* Các vị trí cân bằng này được phân bố theo kiểu *trật tự gần*, nghĩa là đối với một hạt nào đó thì các hạt khác gần kề nó được phân bố có trật tự (gần như ở trạng thái rắn kết tinh), song càng ra xa hạt nói trên thì không còn có trật tự như vậy nữa.

Các dao động nói trên phụ thuộc nhiệt độ. ***Khi nhiệt độ tăng thì dao động mạnh lên.***

5. Tính dị hướng

Một tính chất đặc trưng của tinh thể là *tính dị hướng*. **Tính dị hướng ở một vật thể hiện ở chỗ tính chất vật lí theo các phương khác nhau ở vật đó là không như nhau.** Trái với tính dị hướng là *tính đẳng hướng*.

Tính dị hướng của tinh thể bắt nguồn từ sự dị hướng của cấu trúc mạng tinh thể. Ví dụ như ở tinh thể than chì, các nguyên tử cacbon được sắp xếp thành các mạng phẳng song song (Hình 50.4). Liên kết giữa các nguyên tử cacbon ở cùng mạng phẳng vững chắc hơn liên kết giữa các nguyên tử nằm ở hai mạng phẳng khác nhau, do đó tách than chì theo các lớp phẳng thì dễ dàng hơn nhiều so với tách than chì theo các phương khác. Đó là sự dị hướng của tính chất cơ của than chì.

Vật rắn đơn tinh thể có tính dị hướng vì chính nó là một tinh thể, mà tinh thể thì có tính dị hướng. Song vật rắn đa tinh thể lại không có tính dị hướng. Đó là vì các tinh thể con tạo thành vật được gắn kết với nhau một cách hỗn độn, nên tính dị hướng của mỗi tinh thể con sẽ bù trừ lẫn nhau, làm cho toàn vật trở nên có tính đẳng hướng.

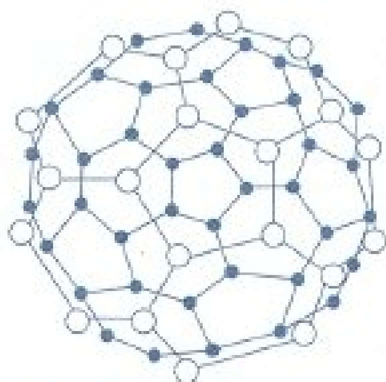
Vật rắn vô định hình không có tính dị hướng vì nó không có cấu trúc tinh thể.

CÂU HỎI

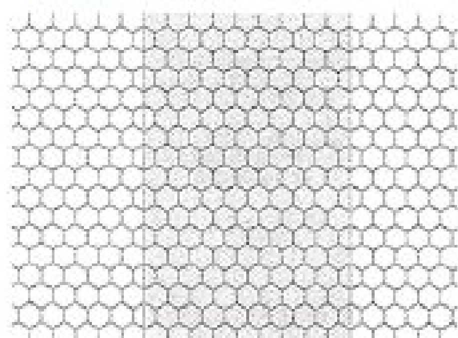
1. Nêu đặc trưng của cấu trúc vật rắn kết tinh.
2. Mô tả chuyển động nhiệt ở chất rắn kết tinh.
3. So sánh cấu trúc của vật rắn vô định hình với cấu trúc của vật rắn kết tinh.
4. Mô tả chuyển động nhiệt ở vật rắn vô định hình.
5. Tính dị hướng là gì ? Hãy cho biết nguyên nhân của tính dị hướng ở vật rắn kết tinh.
6. Tại sao tính dị hướng lại không thể hiện ở vật rắn đa tinh thể ?

Em có biết ?

FULƠREN VÀ ỐNG NANÔ CACBON



Hình 50.5 *Fulơren*



a) Lá graphit



b) Ống nanô cacbon

Hình 50.6 Minh hoạ cấu trúc ống nanô cacbon

Từ lâu người ta đã biết cacbon (C) có hai dạng cấu trúc tinh thể là kim cương và graphit. Song từ năm 1970 đã có những nhà khoa học nêu ra khả năng tồn tại của cacbon ở dạng cấu trúc tinh thể có hình một mặt cầu kín.

Đến năm 1985 thì Crô-to (Harold Kroto, ở Mĩ) và các cộng sự cho công bố một công trình trong đó đề xuất ý kiến cho rằng cacbon còn có một cấu hình mới, đó là phân tử C_{60} có cấu trúc giống như vỏ quả bóng tròn. Có thể coi đây là một dạng kết tinh thứ ba của cacbon gọi là *fulơren* (dựa theo tên của kiến trúc sư Fu-lơ (Bookminster Fuller, ở Mĩ), là người đã dùng cấu trúc tương tự để thiết kế các nhà mái vòm). Ta có thể hình dung phân tử C_{60} như sau : Các nguyên tử C nằm trên một mặt cầu bán kính R ở các đỉnh của một khối 32 mặt, trong đó 12 mặt là ngũ giác đều, 20 mặt là lục giác đều (Hình 50.5). Các cạnh đều có độ dài là a và liên hệ với R như sau : $R = 2,478a$. Các nguyên tử cacbon của một fulơren thì liên kết chặt hơn là các nguyên tử cacbon ở hai fulơren khác nhau. Cho đến nay, ngoài phân tử C_{60} người ta còn thu được các phân tử C_{70}, C_{76}, C_{84}, C_{90} và C_{94}. Các phân tử này cũng có hình mặt cầu kín.

Gần đây, người ta còn phát hiện một dạng tinh thể thứ tư của cacbon, đó là ống *nanô cacbon*. Có thể hình dung ống nanô cacbon như là một lá graphit cuộn tròn lại, đường kính chỉ vào cỡ vài *nanômét* ($1 \text{ nm} = 1.10^{-9}$ m), chiều dài có thể đến *mircômét* (μm), hai đầu ống có cấu tạo như hai nửa quả bóng fulơren úp lại.

Fulơren và ống nanô cacbon trở thành vật liệu nanô có nhiều tính chất hoá lí lạ, có nhiều hứa hẹn trong khoa học và công nghệ hiện đại.

51 BIẾN DẠNG CƠ CỦA VẬT RẮN

Khi có lực tác dụng lên vật rắn thì vật rắn biến dạng, nghĩa là hình dạng và kích thước của nó bị thay đổi.

1. Biến dạng đàn hồi và biến dạng dẻo

Hình 51.1 cho thấy sự biến dạng của sợi dây phơi, giá sắt, chốt nối và đoạn dây đồng dưới tác dụng của các lực ngoài.

Nếu lực ngoài thôi tác dụng thì vật có phục hồi lại hình dạng và kích thước ban đầu hay không ? Từ nhận xét thực tế ta thấy rằng : sợi dây phơi, tấm sắt, chốt nối có thể trở về hình dạng ban đầu. Người ta nói đó là *biến dạng đàn hồi*. Còn đoạn dây đồng thì hầu như không trở về hình dạng ban đầu. Người ta nói đó là *biến dạng dẻo* (hay *biến dạng còn dư*).

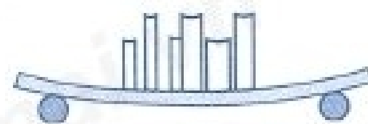
Khi vật chịu biến dạng đàn hồi thì xuất hiện lực đàn hồi.

Những vật đàn hồi bị biến dạng quá mức, vượt quá một giới hạn nào đó, thì biến dạng không còn là đàn hồi mà trở thành biến dạng dẻo. Ví dụ khi ta kéo dãn quá nhiều một lò xo, thì sau khi ta thả tay ra, độ dài của lò xo không trở lại như cũ.

Dưới đây sẽ chỉ khảo sát biến dạng đàn hồi.



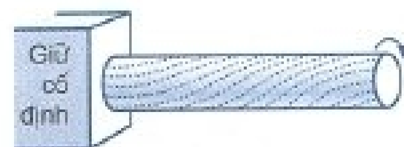
a) Sợi dây phơi



b) Giá sắt



c) Chốt nối



d) Đoạn dây đồng bị xoắn

Hình 51.1 Bốn trường hợp vật rắn biến dạng

2. Biến dạng kéo và biến dạng nén. Định luật Húc

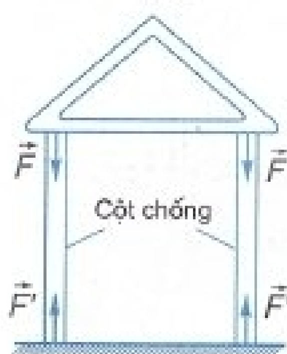
Thí nghiệm : Lấy một thanh rắn tiết diện đều và treo thẳng đứng. Giữ cố định đầu trên và tác dụng vào đầu dưới của thanh một lực kéo $\vec{F}$ bằng cách treo vào nó một vật nặng. Thanh sẽ dài thêm ra : đó là *biến dạng kéo* (Hình 51.2).

Nếu ta dùng một thanh rắn tiết diện đều làm cột chống mái nhà chẳng hạn (Hình 51.3), thì thanh rắn chịu một lực nén $\vec{F}$ thẳng đứng xuống dưới. Chiều dài của thanh bị ngắn lại một ít, đó là *biến dạng nén*.

C1 Hãy mô tả sự biến dạng của bốn vật rắn dưới tác dụng của các lực ngoài vẽ ở Hình 51.1.



Hình 51.2 *Biến dạng kéo*



Hình 51.3 *Biến dạng nén*

Với cùng một lực kéo hay nén F thì độ dài thêm hay độ ngắn lại của thanh rắn còn phụ thuộc vào tiết diện của thanh. Vì vậy, để đặc trưng cho tác dụng kéo hay nén người ta dùng *ứng suất* kéo hay nén.

Gọi S là tiết diện ngang của thanh rắn, *ứng suất kéo (hay nén) pháp tuyến* σ được định nghĩa là lực kéo (hay nén) ứng với một đơn vị diện tích vuông góc với lực

$$\sigma = \frac{F}{S}$$

Gọi l_0 là độ dài của thanh khi không có lực kéo (hay nén), l là độ dài khi có lực kéo (hay nén) và $\Delta l = |l - l_0|$ là độ biến dạng của thanh, thì *độ biến dạng tỉ đối* được định nghĩa là tỉ số $\frac{\Delta l}{l_0}$.

Nhà vật lí học người Anh Húc (Robert Hooke, 1635 – 1703) đã thiết lập bằng thực nghiệm định luật sau đây về biến dạng đàn hồi, gọi là *định luật Húc* :

Trong giới hạn đàn hồi, độ biến dạng tỉ đối kéo hay nén của thanh rắn tiết diện đều tỉ lệ thuận với ứng suất gây ra nó

$$\frac{\Delta l}{l_0} \sim \frac{F}{S}$$

Ta có thể viết

$$\frac{F}{S} = E\frac{\Delta l}{l_0} \quad \text{hoặc} \quad \sigma = E\varepsilon \qquad (51.1)$$

hệ số E đặc trưng cho tính đàn hồi của chất dùng làm thanh rắn và được gọi là *suất (môđun) đàn hồi hay suất Y-âng* của chất ấy (Thomas Young, 1773 – 1829, nhà vật lí người Anh).

Nếu chú ý đến sự liên quan giữa độ biến dạng Δl của thanh rắn và lực đàn hồi $\vec{F}_{đh}$ của thanh xuất hiện khi nó bị biến dạng thì từ (51.1) và từ định luật III Niu-tơn cho biết : $|F_{đh}| = |F|$, ta suy ra $|F_{đh}| = E\frac{S}{l_0}\Delta l$ hay là

$$|F_{đh}| = k\Delta l \qquad (51.2)$$

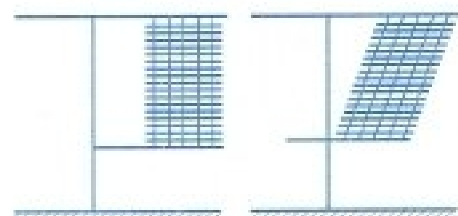
hệ số $k = E\frac{S}{l_0}$ gọi là *hệ số đàn hồi* hay *độ cứng* của thanh.

Hệ số đàn hồi phụ thuộc vào kích thước hình dạng của vật và suất đàn hồi của chất làm vật.

Từ (51.1) có thể thấy rằng suất đàn hồi E đo bằng đơn vị giống như ứng suất $\left(\frac{F}{S}\right)$, tức là giống như đơn vị áp suất : paxcan $(1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2)$.

Ví dụ, suất đàn hồi E của nhôm bằng 7.10^{10} Pa, của thép bằng $2,1.10^{11}$ Pa.

Khi một thanh rắn tiết diện đều chịu biến dạng kéo (hay nén) thì tiết diện ngang của vật thay đổi, đối với biến dạng kéo thì nó nhỏ đi, đối với biến dạng nén thì nó tăng lên.



a) Cái mành mành bị làm lệch đi



b) Hình chữ nhật bị làm lệch đi
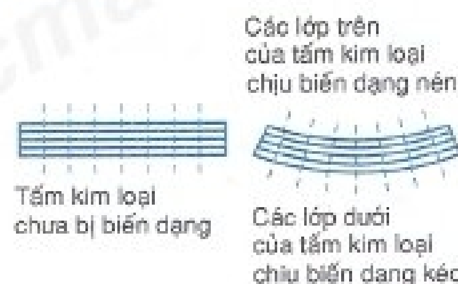
Hình 51.4 Minh hoạ biến dạng lệch

3. Biến dạng lệch (hay biến dạng trượt)

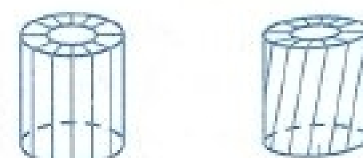
Biến dạng lệch là biến dạng mà ở đó có sự lệch đi giữa các lớp vật rắn đối với nhau. Hình 51.4 minh hoạ hai hình ảnh về biến dạng lệch.

Biến dạng lệch còn được gọi là *biến dạng trượt* hay *biến dạng cắt*.

Trong biến dạng lệch thì lực ngoài tác dụng tiếp tuyến với bề mặt vật rắn, tức là song song với các lớp vật rắn.



a) Biến dạng uốn (các đường gạch rời thẳng đứng chỉ để minh hoạ các lớp bị nén hay kéo dãn)



b) Biến dạng xoắn

Hình 51.5 Biến dạng uốn và biến dạng xoắn

4. Các biến dạng khác

Trên đây ta khảo sát hai biến dạng điển hình của vật rắn là biến dạng kéo (nén) và biến dạng lệch. Các biến dạng khác như biến dạng uốn, biến dạng xoắn đều có thể quy về hai loại biến dạng trên.

Ví dụ, biến dạng uốn (Hình 51.5a) của một tấm kim loại, được chia một cách tưởng tượng thành nhiều lớp song song, có thể quy về biến dạng kéo của các lớp dưới và biến dạng nén của các lớp trên. Biến dạng xoắn (Hình 51.5b) có thể quy về biến dạng lệch của các tiết diện của vật bị xoắn.

5. Giới hạn bền

Khi lực ngoài tác dụng lên vật rắn vượt quá một giới hạn nào đó, thì nó không chỉ làm vật biến dạng

C2 Nêu thêm ví dụ về trường hợp vật rắn bị hư hỏng khi lực ngoài vượt quá giới hạn bền.

C3 Hãy nêu thêm ví dụ về biến dạng của vật rắn vượt quá giới hạn đàn hồi.

đàn hồi rồi dẻo, mà còn có thể làm vật hư hỏng (gãy, đứt,...). Ví dụ như khi ta treo một vật quá nặng vào sợi dây thép mảnh thì dây đứt.

Như vậy, các vật liệu đều có một *giới hạn bền*, nếu vượt quá giới hạn đó thì vật bị hư hỏng. Do đó khi chế tạo các dụng cụ và khi sử dụng, chúng ta phải chú ý đến giới hạn bền của vật liệu.

Ngoài giới hạn bền, các vật rắn đàn hồi còn có *giới hạn đàn hồi*, nghĩa là vượt quá giới hạn này thì tính đàn hồi của vật bị ảnh hưởng, vật không còn biến dạng đàn hồi mà trở thành biến dạng dẻo.

Giới hạn đàn hồi hay giới hạn bền được biểu thị bằng ứng suất của lực ngoài và tính theo đơn vị Pa.

CÂU HỎI

1. Hãy nêu một số ví dụ về các biến dạng : kéo, nén, lệch, uốn, xoắn.
2. Có một lò xo bằng thép, kéo dãn lò xo đó và quan sát xem các đoạn nhỏ của lò xo chịu biến dạng gì ?
3. Xem Hình 51.1a. Hãy cho biết biến dạng của đoạn dây phơi ở ngay chỗ cái mắc áo móc vào là biến dạng gì ?

BÀI TẬP

1. Sợi dây thép nào dưới đây chịu *biến dạng dẻo* khi ta treo vào nó một vật nặng có khối lượng 5 kg (lấy g = 10 m/s^2) ?

   A. Sợi dây thép có tiết diện 0,05 mm^2.
   B. Sợi dây thép có tiết diện 0,10 mm^2.
   C. Sợi dây thép có tiết diện 0,20 mm^2.
   D. Sợi dây thép có tiết diện 0,25 mm^2.

   Cho biết giới hạn đàn hồi và giới hạn bền của thép là 344.10^6 Pa và 600.10^6 Pa.
2. Một sợi dây kim loại dài 1,8 m có đường kính 0,8 mm. Người ta dùng nó để treo một vật nặng. Vật này tạo nên một lực kéo dây bằng 25 N và làm dây dài thêm một đoạn bằng 1 mm. Xác định môđun Y-âng của kim loại đó ?
3. Một thanh trụ đường kính 5 cm làm bằng nhôm có môđun Y-âng là $E = 7.10^{10}$ Pa. Thanh này đặt thẳng đứng trên một đế rất chắc để chống đỡ một mái hiên. Mái hiên tạo một lực nén thanh là 3 450 N. Hỏi độ biến dạng tỉ đối của thanh $\left(\frac{\Delta l}{l_0}\right)$ là bao nhiêu ?

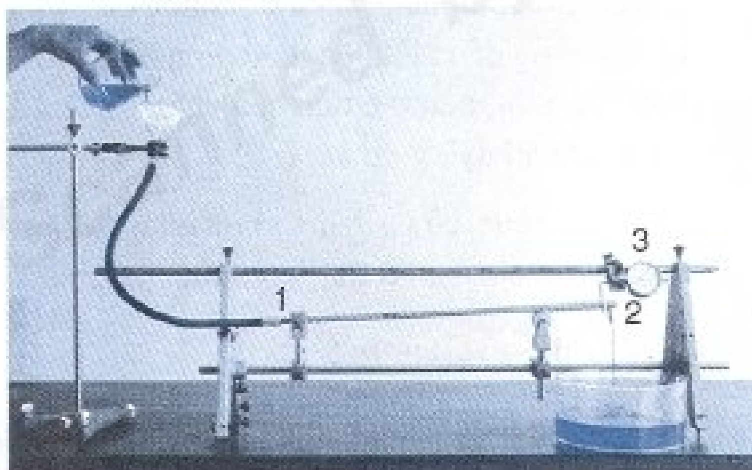
52 SỰ NỞ VÌ NHIỆT CỦA VẬT RẮN

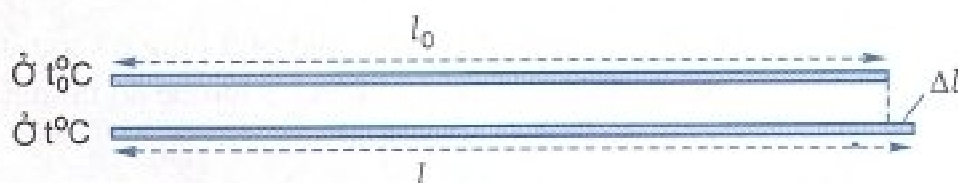
Khi nhiệt độ của vật rắn tăng lên thì nói chung kích thước của vật tăng lên. Đó là *sự nở vì nhiệt*. Đối với vật rắn, người ta phân biệt *sự nở dài* và *sự nở thể tích* (còn gọi là *sự nở khối*).

1. Sự nở dài

Sự nở dài là sự tăng kích thước của vật rắn theo một phương đã chọn, chẳng hạn sự tăng chiều dài của một thanh ray đường sắt khi trời nóng.

Ta hãy làm thí nghiệm về sự nở dài của một thanh kim loại (Hình 52.1). Thanh kim loại này là một ống trụ rỗng, hai đầu hở để dẫn nước vào và cho nước chảy ra. Thay đổi nhiệt độ của nước làm cho nhiệt độ của thanh kim loại thay đổi. Một đầu thanh được giữ chặt còn đầu kia được nối với một thiết bị đo độ biến thiên chiều dài của thanh kim loại.





Hình 52.1 Thí nghiệm về sự nở dài

1. Đầu thanh kim loại. 2. Cuối thanh kim loại.
3. Đồng hồ đo độ biến thiên chiều dài của thanh kim loại.

Bảng 1

Hệ số nở dài của một số chất rắn (1)

Chất	α ($.10^{-6}$ K^{-1})
Nhôm	24,5
Sắt	11,4
Đồng	17,2
Thiếc	23,0
Chì	30,3
Thuỷ tinh thường	9,5
Thuỷ tinh thạch anh	0,6
Đồng thau	18,0
Thép	11,0

Gọi l_0 là độ dài của thanh ở nhiệt độ t_0. Khi thanh được làm nóng đến nhiệt độ t thì độ dài của thanh tăng thêm một đoạn Δl, lúc đó thanh có độ dài là :

$$l = l_0 + \Delta l \qquad (52.1)$$

Kết quả thí nghiệm cho biết rằng Δl tỉ lệ với độ tăng nhiệt độ $t - t_0$ và tỉ lệ với độ dài l_0, nghĩa là :

$$\Delta l = \alpha l_0(t - t_0) \qquad (52.2)$$

trong đó α là hệ số tỉ lệ. Nếu đưa (52.2) vào (52.1) ta được :

$$l = l_0[1 + \alpha(t - t_0)] \qquad (52.3)$$

Hệ số tỉ lệ α ở các công thức (52.2) và (52.3) được gọi là *hệ số nở dài*. Hệ số α có đơn vị là K^{-1} (hoặc độ $^{-1}$).

Hệ số nở dài α phụ thuộc vào bản chất của chất làm thanh.

Có thể thấy tính dị hướng của vật rắn kết tinh ở sự nở dài. Chẳng hạn, ta khảo sát sự nở dài của tinh thể thạch anh thì thấy, dọc theo trục của tinh thể thạch anh (đó là trục của hình lăng trụ ở Hình 50.1b) thì hệ số nở dài là $7,5.10^{-6}$ K^{-1}, còn theo phương vuông góc với trục nói trên thì hệ số nở dài là $13,7.10^{-6}$ K^{-1}.

C1 Tại sao các thước đo chiều dài cần làm bằng vật liệu có hệ số nở dài thật nhỏ ?

2. Sự nở thể tích (hay sự nở khối)

Khi nhiệt độ tăng, thì kích thước của vật rắn theo các phương đều tăng lên theo định luật của sự nở dài vừa khảo sát, nên thể tích của vật tăng lên. Đó là *sự nở thể tích* hay *sự nở khối*.

Công thức của sự nở khối cũng tương tự như công thức của sự nở dài, nó được viết như sau :

$$V = V_0[1 + \beta(t - t_0)] \qquad (52.4)$$

trong đó hệ số tỉ lệ β được gọi là *hệ số nở thể tích* hay *hệ số nở khối*, có đơn vị là K^{-1} (hoặc độ $^{-1}$).

Tính toán và thực nghiệm cho biết rằng hệ số nở khối β của một chất xấp xỉ bằng 3 lần hệ số nở dài α của chính chất ấy, nghĩa là :

$$\beta = 3\alpha \qquad (52.5)$$

Đối với chất lỏng ta chỉ khảo sát sự nở thể tích. Công thức (52.4) có thể áp dụng để tính độ nở của một khối lỏng, trong đó β là hệ số nở thể tích của chất lỏng. Giá trị β của chất lỏng lớn hơn nhiều so với của chất rắn.

(1) Những số liệu trong các bảng ở chương này có thể khác nhau chút ít so với các tài liệu khác, vì mỗi chất (ví dụ : thuỷ tinh, thép,...) có thể có nhiều loại khác nhau.

3. Hiện tượng nở vì nhiệt trong kĩ thuật

Vật rắn khi nở ra hay co lại đều tạo nên một lực khá lớn tác dụng lên các vật khác tiếp xúc với nó. Vì vậy người ta phải chú ý đến sự nở vì nhiệt trong kĩ thuật.

Người ta vừa ứng dụng lại vừa phải đề phòng tác hại của sự nở vì nhiệt. Chẳng hạn, người ta ứng dụng sự nở vì nhiệt khác nhau giữa các chất để tạo ra *băng kép* dùng làm rơle điều nhiệt trong bàn là, bếp điện,... Băng kép làm bằng hai băng kim loại có hệ số nở khác nhau được ghép chặt vào nhau (Hình 52.2). Khi bị nóng lên, thì do hai băng kim loại nở dài không giống nhau, mà băng kép bị uốn cong làm hở mạch điện đi qua băng kép.

Mặt khác, người ta phải đề phòng tác hại của sự nở vì nhiệt. Sau đây là một vài ví dụ. Ta phải chọn các vật liệu có hệ số nở dài như nhau khi hàn ghép các vật liệu khác nhau, chẳng hạn như khi chế tạo đuôi bóng đèn điện. Ta phải để khoảng hở ở chỗ hai vật nối đầu nhau như chỗ nối hai đầu thanh ray đường sắt (Hình 52.3), chỗ đầu chân cầu,... Ta phải tạo các vòng uốn trên các ống dẫn dài như ở đường ống dẫn khí hay chất lỏng (Hình 52.4).



a) Băng kép ở nhiệt độ phòng

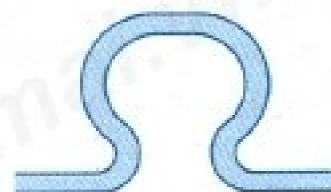


b) Băng kép khi bị đốt nóng

Hình 52.2 *Vận hành của băng kép*



Hình 52.3 *Hai thanh ray đường sắt*



Hình 52.4 *Ống dẫn khí (hay chất lỏng)*

C2 Nêu thêm những ví dụ về ứng dụng hay để phòng tác hại của sự nở vì nhiệt của vật rắn.

CÂU HỎI

1. Tại sao người ta lại đốt nóng vành sắt trước khi lắp nó vào bánh xe bằng gỗ (ví dụ như bánh xe bò ngày trước) ?
2. Cho một tấm kim loại hình chữ nhật, ở giữa bị đục thủng một lỗ tròn. Khi ta nung nóng tấm kim loại này thì lỗ tròn có bé đi không ?

BÀI TẬP

1. Mỗi thanh ray đường sắt dài 10 m ở nhiệt độ $20^{o}C$. Phải để một khe hở là bao nhiêu giữa hai đầu thanh ray đối diện, để nếu nhiệt độ ngoài trời tăng lên đến $50^{o}C$ thì vẫn đủ chỗ cho thanh dãn ra ?

2. Một băng kép được chế tạo từ một bản bằng thép và một bản bằng hợp kim có độ dài ban đầu bằng nhau. Hỏi khi đốt nóng lên thì băng kép uốn cong về phía nào ?

   Cho biết hệ số nở dài của thép là $\alpha_1 = 11.10^{-6}\,K^{-1}$ còn của hợp kim là $\alpha_2 = 25.10^{-6}\,K^{-1}$.

3. Một ấm nhôm có dung tích 2 lít ở 20^0C. Chiếc ấm đó có dung tích là bao nhiêu khi nó ở 80^0C ?

Em có biết ?

SỰ NỞ THỰC VÀ SỰ NỞ BIỂU KIẾN CỦA CHẤT LỎNG

Việc khảo sát sự nở vì nhiệt của chất lỏng phức tạp hơn so với trường hợp chất rắn là vì chất lỏng bao giờ cũng được đựng trong một bình nào đó. Khi ta đun nóng chất lỏng thì ta cũng đồng thời đun nóng bình đựng và bình đựng cũng nở vì nhiệt. Ví dụ, ta đun nước trong bình thuỷ tinh và theo dõi mực nước trong bình, ta thấy lúc đầu mực nước trong bình hơi tụt xuống rồi sau mới dâng cao lên. Sở dĩ như vậy là vì lúc đầu bình được đun nóng trước nên nở ra, sau đó nước mới được đun nóng. Do chất lỏng nở vì nhiệt nhiều hơn vật rắn nên về sau mực nước trong bình dâng cao lên.

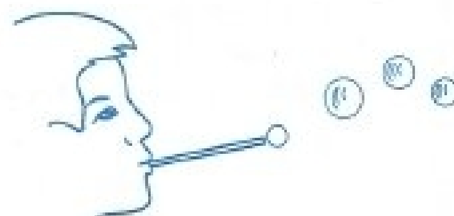
Vì lí do trên, ta cần phân biệt *sự nở thực* (hay còn gọi là *sự nở tuyệt đối*) của chất lỏng và *sự nở biểu kiến* của nó. Sự nở thực là sự nở của bản thân chất lỏng, còn sự nở biểu kiến là sự nở của chất lỏng được đo theo các vạch chia ban đầu ở bình đựng, trong đó sự nở của các vạch chia này chưa được tính đến. Bây giờ ta tìm mối liên hệ giữa sự nở thực và sự nở biểu kiến.

Bằng tính toán, người ta đã thành lập được hệ thức giữa các hệ số nở thực (kí hiệu là β), hệ số nở biểu kiến (kí hiệu là β') và hệ số nở của chất rắn làm bình đựng (kí hiệu là β_r) như sau :

$$\beta = \beta' + \beta_r \quad \text{hay} \quad \beta' = \beta - \beta_r.$$

53 CHẤT LỎNG
HIỆN TƯỢNG CĂNG BỀ MẶT CỦA CHẤT LỎNG

Chất lỏng là chất ở thể lỏng. Chất lỏng chảy được và khó nén. Một khối chất lỏng có thể tích xác định và có hình dạng của bình đựng.



Trò chơi thổi bong bóng xà phòng

1. Cấu trúc của chất lỏng

a) Mật độ phân tử

Mật độ phân tử ở chất lỏng lớn gấp nhiều lần mật độ phân tử ở chất khí và gần bằng mật độ phân tử trong chất rắn.

b) Cấu trúc trật tự gần

Những nghiên cứu về cấu trúc của chất lỏng cho thấy rằng *chất lỏng có cấu trúc trật tự gần* tương tự như cấu trúc của chất rắn vô định hình. Nhưng khác với chất rắn vô định hình, vị trí các hạt trong chất lỏng không cố định, chúng thường xuyên dời chỗ.

1 mol nước có $6,023.10^{23}$ phân tử nước. Ở thể lỏng, 1 mol nước chiếm một thể tích khoảng 18 cm^3.

Tính trung bình thì mỗi phân tử ứng với một thể tích là :

$$\frac{18\ cm^3}{6,023.10^{23}} = 2,98.10^{-23}\ cm^3$$

Nếu coi thể tích này là hình lập phương thì mỗi cạnh của nó là $3,1.10^{-10}$ m. Đó là khoảng cách trung bình giữa hai phân tử trong chất lỏng. Người ta biết kích thước của phân tử có bậc lớn 10^{-10} m. Như vậy, khoảng cách giữa hai phân tử trong chất lỏng cũng chỉ gấp vài lần kích thước phân tử, nghĩa là các phân tử gần kề nhau.

2. Chuyển động nhiệt ở chất lỏng

Trong chất lỏng, mỗi phân tử tương tác với những phân tử khác ở gần. Nó dao động quanh một vị trí cân bằng tạm thời và từng lúc, do tương tác, nó nhảy sang một vị trí mới, rồi lại dao động quanh vị trí cân bằng mới này, và cứ thế tiếp tục. Đó là hình thức chuyển động nhiệt ở chất lỏng.

3. Hiện tượng căng bề mặt của chất lỏng

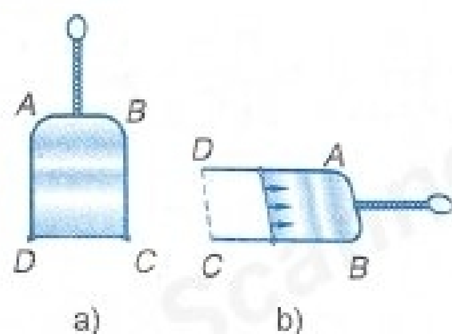
Một khối lỏng luôn được giới hạn bởi một bề mặt rõ rệt. Có nhiều hiện tượng liên quan đến bề mặt

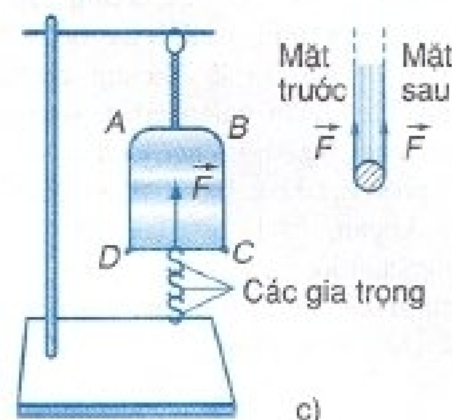
C1 Hãy nhắc lại sự mô tả cấu trúc trật tự gần (xem mục 4, bài 50).

Thời gian một phân tử dao động quanh một vị trí cân bằng tạm thời được gọi là *thời gian cư trú*. Khoảng thời gian này có độ lớn trung bình vào bậc 10^{-11} s. Nhiệt độ càng cao thì thời gian cư trú càng ngắn. Ở nhiệt độ không cao, chất lỏng có cấu trúc gần với chất rắn vô định hình. Tuy nhiên thời gian cư trú ở chất rắn vô định hình lớn hơn rất nhiều so với ở chất lỏng.



Hình 53.1 Cái kim nổi trên mặt nước





Hình 53.2 Thí nghiệm với màng xà phòng

khối lỏng, chẳng hạn như : một cái kim dính mỡ có thể nổi trên mặt nước (Hình 53.1), giọt nước có dạng gần hình cầu, bong bóng xà phòng có dạng hình cầu,... Tất cả các hiện tượng trên đều liên quan đến *hiện tượng căng bề mặt* của chất lỏng. Bây giờ chúng ta khảo sát hiện tượng này.

a) Thí nghiệm với màng xà phòng

Dụng cụ thí nghiệm và cách tạo màng xà phòng được thể hiện ở Hình 53.2.

Màng xà phòng là một *lớp mỏng* dung dịch xà phòng. Nếu bây giờ ta để màng xà phòng nằm ngang thì ta sẽ quan sát thấy thanh *CD* bị kéo về phía cạnh *AB* do màng xà phòng thu bé diện tích lại (Hình 53.2b).

b) Lực căng bề mặt

Hiện tượng thanh *CD* dịch chuyển sẽ giải thích được nếu ta cho rằng bề mặt chất lỏng giống như một màng căng, nó gây ra lực tác dụng lên thanh *CD*. Lực này được gọi là *lực căng bề mặt*.

Lực căng bề mặt đặt lên đường giới hạn của bề mặt và vuông góc với nó, có phương tiếp tuyến với bề mặt của khối lỏng và có chiều hướng về phía màng bề mặt khối lỏng gây ra lực căng đó.

Người ta có thể đo được lực này bằng thực nghiệm và thấy rằng :

Độ lớn của lực căng bề mặt F tác dụng lên một đoạn thẳng có độ dài l của đường giới hạn bề mặt tỉ lệ với độ dài l :

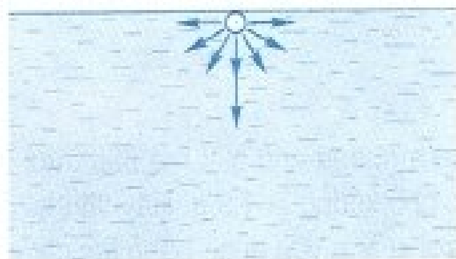
$$F = \sigma l \qquad (53.1)$$

σ là hệ số tỉ lệ có độ lớn phụ thuộc vào bản chất và nhiệt độ của chất lỏng và được gọi là *hệ số căng bề mặt* (hay *suất căng bề mặt*) của chất lỏng.

Đơn vị đo σ là niutơn trên mét (N/m).

Đường giới hạn nói ở trên có thể là đường biên, đường phân chia nào đó trên bề mặt khối lỏng.

Tính chất thu nhỏ diện tích bề mặt của khối lỏng nảy sinh từ lực tương tác giữa các phân tử ở lớp bề mặt với các phân tử khác ở trong lòng chất lỏng. Hình 53.3 cho ta thấy rằng một phân tử ở lớp bề mặt chịu các lực hút hướng về một nửa không gian phía dưới mặt chất lỏng. Như vậy phân tử này chịu một hợp lực hướng vào trong lòng khối lỏng. Do vậy diện tích bề mặt của khối lỏng có xu hướng giảm đến nhỏ nhất có thể được và gây ra những hiện tượng như đã thấy ở trên.



Hình 53.3 Minh hoạ các lực tác dụng lên một phân tử ở bề mặt

Do có xu hướng như trên, nên các khối chất lỏng khi không chịu tác dụng của ngoại lực (trọng lực chẳng hạn) đều có dạng hình cầu, vì hình cầu là hình có diện tích mặt ngoài nhỏ nhất ứng với một thể tích nhất định. Ví dụ, giọt nước rơi tự do hay các giọt anilin lơ lửng trong dung dịch nước muối có khối lượng riêng bằng khối lượng riêng của anilin (Hình 53.4) đều có dạng hình cầu.

Một khung hình chữ nhật làm bằng dây thép mảnh có cạnh CD di chuyển dễ dàng dọc theo hai cạnh BC và AD (Hình 53.2). Nhúng thẳng đứng khung này vào nước xà phòng rồi lấy ra nhẹ nhàng thì ta được một màng xà phòng hình chữ nhật (Hình 53.2a).

Ví dụ, muốn đo lực căng bề mặt của màng xà phòng ta có thể lắp đặt dụng cụ như ở Hình 53.2c. Thanh CD phải đủ mảnh để trọng lượng của nó nhỏ hơn lực căng bề mặt của màng xà phòng tác dụng lên thanh. Ta móc thêm các gia trọng để cân bằng với lực căng bề mặt.

Trong thí nghiệm ở Hình 53.2c thì l là độ dài của thanh CD, do đó độ lớn của lực căng là :

$$F = 2\sigma l \qquad (53.2)$$

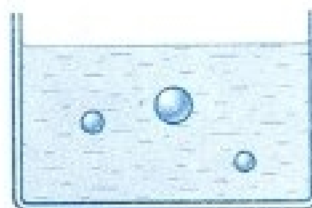
Ở vế phải xuất hiện hệ số 2 là vì màng xà phòng là một khối nước xà phòng dẹt, nó có hai bề mặt (mặt trước và mặt sau, xem Hình 53.2c). Đường giới hạn ở đây là hai đường tiếp giáp của màng xà phòng với thanh CD (một đường ở mặt trước và một đường ở mặt sau).

Bảng 1

Hệ số căng bề mặt của một số chất lỏng

Các chất	$\sigma(.10^{-3}$ N/m)
Nước (ở 20°C)	72,8
Dung dịch xà phòng	40,0
Thuỷ ngân	470,0
Rượu	24,1

C2 Hãy cho biết hình dạng bề mặt ngoài của vỏ bong bóng xà phòng.



Hình 53.4 Các giọt anilin hình cầu lơ lửng trong nước muối

C3 Hãy cho biết hình dạng bề mặt ngoài của bọt khí trong chất lỏng.

CÂU HỎI

1. Hãy nêu lên hai đặc trưng của cấu trúc chất lỏng.
2. Mô tả chuyển động nhiệt ở chất lỏng.
3. Hãy cho biết hướng và độ lớn của lực căng bề mặt.

BÀI TẬP

1. Một cọng rơm dài 8,0 cm nổi trên mặt nước. Người ta nhỏ dung dịch xà phòng xuống một bên mặt nước của cọng rơm và giả sử nước xà phòng chỉ lan ra ở một bên mà thôi. Hỏi cọng rơm chuyển động về phía nào ? Tại sao ?

   Lực tác dụng vào cọng rơm là bao nhiêu ?

2. Để xác định hệ số căng bề mặt của nước, người ta dùng một ống nhỏ giọt mà đầu dưới của ống có đường kính trong 2 mm. Khối lượng của 40 giọt nước nhỏ xuống là 1,9 g. Hãy tính hệ số căng bề mặt của nước nếu coi trọng lượng của mỗi giọt nước rơi xuống vừa đúng bằng lực căng bề mặt đặt lên vòng tròn trong ở đầu dưới của ống nhỏ giọt.

54 HIỆN TƯỢNG DÍNH ƯỚT VÀ KHÔNG DÍNH ƯỚT. HIỆN TƯỢNG MAO DẪN

1. Hiện tượng dính ướt và không dính ướt

a) Quan sát

Nhỏ một giọt nước lên mặt thuỷ tinh sạch thì nước chảy lan ra, còn nhỏ một giọt thuỷ ngân lên mặt thuỷ tinh đó thì nó lại thu về dạng hình cầu (hơi dẹt do tác dụng của trọng lực).

Người ta nói nước *dính ướt* thuỷ tinh, còn thuỷ ngân *không dính ướt* thuỷ tinh. Vậy khi chất lỏng tiếp xúc với chất rắn, thì tuỳ theo bản chất của chất lỏng và chất rắn mà có thể xảy ra hiện tượng dính ướt hay không dính ướt.

C1 Tại sao kim dính mỡ có thể nổi trên mặt nước ?

Người ta còn phân biệt mức độ dính ướt, đó là *dính ướt hoàn toàn* và *dính ướt không hoàn toàn*. Đối với sự không dính ướt cũng vậy.

Sự dính ướt giữa nước và thuỷ tinh thường được coi là dính ướt hoàn toàn, còn sự không dính ướt giữa thuỷ ngân và thuỷ tinh cũng thường được coi là không dính ướt hoàn toàn. Trong phạm vi chương trình phổ thông ta chỉ khảo sát sự dính ướt (hay không dính ướt) hoàn toàn.

b) Giải thích

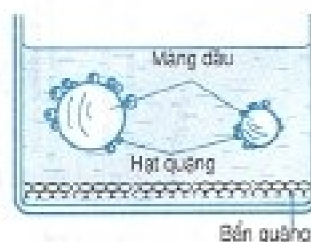
Hiện tượng dính ướt hay không dính ướt là do sự khác nhau về lực tương tác giữa các phân tử chất rắn với các phân tử chất lỏng.

Khi lực hút giữa các phân tử chất rắn với các phân tử chất lỏng mạnh hơn lực hút giữa các phân tử chất lỏng với nhau thì có hiện tượng dính ướt. Ngược lại, nếu lực hút giữa các phân tử chất rắn với các phân tử chất lỏng yếu hơn thì xảy ra hiện tượng không dính ướt.

c) Ứng dụng của hiện tượng dính ướt

Hiện tượng dính ướt có nhiều ứng dụng, sau đây là một ứng dụng vào việc tuyển quặng.

Muốn loại bỏ bẩn quặng người ta nghiền quặng thành hạt nhỏ rồi đổ vào nước có pha dầu chỉ dính ướt quặng và quấy lên. Hỗn hợp hai chất lỏng đó có chứa những bọt không khí bọc trong những màng dầu. Vì dầu chỉ dính ướt quặng nên quặng bám vào các màng dầu bao quanh bọt khí và các hạt quặng nổi lên cùng với bọt khí, còn bẩn quặng thì chìm xuống đáy (Hình 54.1).

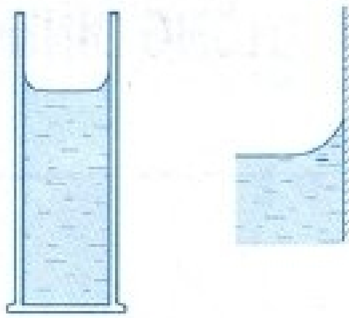


Hình 54.1 Tuyển quặng

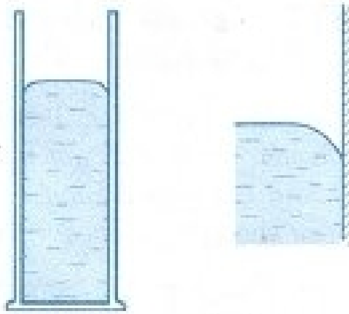
d) Dạng mặt chất lỏng ở chỗ tiếp giáp với thành bình

Khi chất lỏng dính ướt thành bình thì lực hút giữa các phân tử chất rắn và chất lỏng kéo mép chất lỏng lên, làm cho mặt chất lỏng ở chỗ sát thành bình là một mặt lõm (Hình 54.2a). Ví dụ mặt nước đựng trong bình thuỷ tinh là mặt lõm.

Khi chất lỏng không dính ướt thành bình thì lực hút giữa các phân tử chất lỏng kéo mép chất lỏng hạ xuống làm cho mặt chất lỏng ở chỗ sát thành bình là một mặt lồi (Hình 54.2b). Ví dụ mặt thuỷ ngân đựng trong bình thuỷ tinh là mặt lồi.



a) Trường hợp dính ướt.



b) Trường hợp không dính ướt.

Hình 54.2 *Dạng mặt chất lỏng ở chỗ tiếp giáp thành bình*

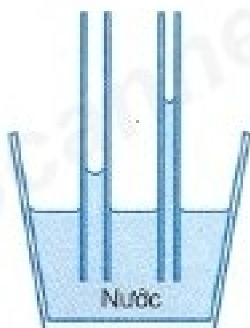
2. Hiện tượng mao dẫn

a) Quan sát hiện tượng

Ta lấy những ống thuỷ tinh hở hai đầu, có bán kính trong nhỏ và khác nhau nhúng thẳng đứng vào một chậu nước. Ta có thể nghĩ rằng các mực nước trong ống và chậu phải ngang nhau theo nguyên tắc bình thông nhau, nhưng ta lại thấy các mực nước trong ống cao hơn mực nước ở chậu (Hình 54.3a). Ống nào có đường kính trong càng nhỏ thì mực nước trong ống đó càng cao. Hiện tượng trên được gọi là *hiện tượng mao dẫn.*

Nếu ta làm thí nghiệm trên với thuỷ ngân thì ta thấy mực thuỷ ngân trong ống thuỷ tinh hạ xuống (Hình 54.3b).

Hiện tượng mao dẫn không chỉ xảy ra ở những ống có bán kính trong nhỏ (gọi là *ống mao dẫn)* mà còn xảy ra cả ở những khe hẹp, vách hẹp, các vật



a) Trường hợp dính ướt.



b) Trường hợp không dính ướt.

Hình 54.3 *Hiện tượng mao dẫn*

xốp,... Hình 54.4 cho ta thấy nước dâng lên trong khe hẹp giữa hai tấm thuỷ tinh đặt song song hay giữa hai tấm thuỷ tinh đặt toẽ ra tạo thành một góc nhị diện rất nhỏ.

Hiện tượng mao dẫn là hiện tượng dâng lên hay hạ xuống của mực chất lỏng ở bên trong các ống có bán kính trong nhỏ, trong các vách hẹp, khe hẹp, các vật xốp,... so với mực chất lỏng ở ngoài.

Hiện tượng mao dẫn có thể được giải thích trên cơ sở sự căng bề mặt và sự dính ướt (hay không dính ướt).

Ta đã biết bề mặt của khối lỏng trong ống mao dẫn lõm xuống (do chất lỏng dính ướt thành ống) hay lồi lên (do chất lỏng không dính ướt thành ống). Mặt khác do sự căng bề mặt, các mặt cong (lõm hay lồi) của khối lỏng trong ống mao dẫn có xu hướng trở nên phẳng để thu nhỏ diện tích. Vì vậy các mặt cong gây ra một *áp suất phụ* hướng về phía lõm của mặt cong, áp suất phụ này tác dụng lên phần chất lỏng sát ngay dưới mặt ngoài khối lỏng, làm di chuyển cột chất lỏng để lập lại sự cân bằng áp suất thuỷ tĩnh trong toàn khối lỏng.

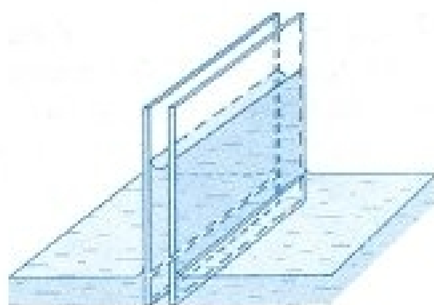
Nếu chất lỏng dính ướt thành ống mao dẫn thì chất lỏng dâng lên trong ống, còn nếu chất lỏng không dính ướt thành ống thì nó hạ xuống.

b) Công thức tính độ chênh lệch mực chất lỏng do mao dẫn

Người ta đã tìm ra công thức tính độ dâng lên hay hạ xuống của mực chất lỏng trong ống mao dẫn như sau :

$$h = \frac{4\sigma}{\rho g d} \qquad (54.1)$$

trong đó σ là hệ số căng bề mặt của chất lỏng, ρ là khối lượng riêng của chất lỏng, g là gia tốc trọng trường và d là đường kính trong của ống. Trong trường hợp dính ướt thì h là độ dâng lên, còn trong trường hợp không dính ướt thì h là độ hạ xuống.



a) Hai tấm thuỷ tinh đặt song song.



b) Hai tấm thuỷ tinh tạo thành góc nhị diện.

Hình 54.4 *Nước dâng lên trong khe giữa hai tấm thuỷ tinh*

C2 Hãy cho biết sự khác nhau của dạng mặt ngoài chất lỏng của hai trường hợp nêu ra ở Hình 54.4.

C3 Hãy nêu thêm những ví dụ về hiện tượng mao dẫn thường gặp trong đời sống và kĩ thuật.

c) Ý nghĩa của hiện tượng mao dẫn

Hiện tượng mao dẫn có ý nghĩa lớn trong thực tế. Sau đây là một số biểu hiện của hiện tượng mao dẫn : giấy thấm hút mực, mực ngấm theo rãnh ngòi bút, bấc đèn hút dầu, khi nắng hạn nước ở dưới sâu trong đất ngấm qua kẽ đất lên cao để rễ cây hút được nước, nước dưới đất ngấm lên theo kẽ đất làm ẩm chân tường nhà.

? CÂU HỎI

1. Khi nào thì chất lỏng dính ướt chất rắn và khi nào thì không dính ướt chất rắn ?

2. Thế nào là hiện tượng mao dẫn và khi nào xảy ra hiện tượng mao dẫn rõ rệt ?

3. Nếu chỉ có lực căng bề mặt thôi thì có xảy ra hiện tượng mao dẫn không ?

BÀI TẬP

1. Hãy chọn câu đúng.

Trường hợp nào mực chất lỏng dâng lên *ít nhất* trong ống mao dẫn thuỷ tinh khi

A. nhúng nó vào nước (ρ_1 = 1000 kg/m^3 ; σ_1 = 0,072 N/m).

B. nhúng nó vào xăng (ρ_2 = 700 kg/m^3 ; σ_2 = 0,029 N/m).

C. nhúng nó vào rượu (ρ_3 = 790 kg/m^3 ; σ_3 = 0,022 N/m).

D. nhúng nó vào ête (ρ_4 = 710 kg/m^3 ; σ_4 = 0,017 N/m).

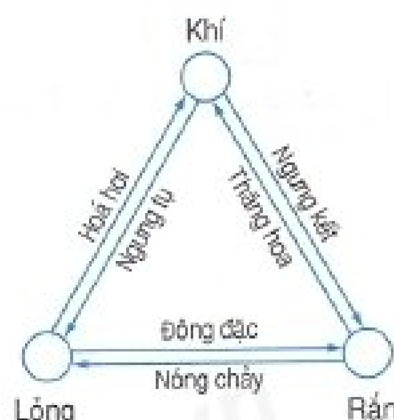
2. Tìm hệ số căng bề mặt của nước nếu ống mao dẫn có đường kính trong là 1,0 mm và mực nước trong ống dâng cao 32,6 mm.

3. Trong một ống mao dẫn có đường kính trong hết sức nhỏ, nước có thể dâng lên cao 80 mm, vậy với ống này thì rượu có thể dâng lên cao bao nhiêu ? Các dữ kiện lấy theo số liệu ở bài tập 1.

4. Một phong vũ biểu thuỷ ngân có đường kính trong là 2 mm và mực thuỷ ngân trong ống dâng cao 760 mm. Hỏi áp suất thực của khí quyển là bao nhiêu nếu tính đến hiện tượng thuỷ ngân không dính ướt ống thuỷ tinh ?

55 SỰ CHUYỂN THỂ SỰ NÓNG CHẢY VÀ ĐÔNG ĐẶC

Trong các bài trên ta đã khảo sát riêng rẽ từng trạng thái kết tụ (còn gọi là thể) của chất là rắn, lỏng và khí (hơi). Bây giờ ta khảo sát sự chuyển qua lại giữa các thể.



Hình 55.1 Sơ đồ biểu thị các chuyển thể.

Khi thay đổi nhiệt độ và áp suất ngoài, thì chất có thể biến đổi từ thể này sang thể khác. Với mỗi cặp thể, có hai quá trình biến đổi ngược chiều nhau, như giữa lỏng và khí có *hoá hơi* và *ngưng tụ* (hoá lỏng), giữa lỏng và rắn có *nóng chảy* và *đông đặc*, giữa rắn và khí có *thăng hoa* và *ngưng kết* (Hình 55.1).

Sự chuyển thể kéo theo hai hiện tượng đặc trưng mà chúng ta sẽ khảo sát dưới đây.

1. Nhiệt chuyển thể

Nhỏ vài giọt cồn vào lòng bàn tay. Cồn bay hơi nhanh và ta cảm thấy lạnh ở lòng bàn tay. Tại sao ?

Khi chuyển thể có thể xảy ra *sự thay đổi cấu trúc* đột biến của chất. Vì vậy, để chuyển thể, khối chất cần phải trao đổi năng lượng với môi trường ngoài dưới dạng truyền nhiệt, đó là *nhiệt chuyển thể*. Ví dụ, khi khối chất lỏng chuyển thành hơi, thì nó cần thu nhiệt lượng từ bên ngoài để phá vỡ sự liên kết các phân tử trong cấu trúc chất lỏng và chuyển thành hơi, ở đó sự liên kết các phân tử hầu như không có.

Trong quá trình ngược lại, chẳng hạn khi hơi ngưng tụ (hoá lỏng) thì hơi lại toả ra nhiệt lượng và trở về cấu trúc của chất lỏng.

Khi chất rắn kết tinh nóng chảy, nghĩa là chất chuyển từ thể rắn kết tinh sang thể lỏng, thì khối chất cũng cần thu nhiệt lượng từ ngoài để phá vỡ

C1 Tại sao khi xoa cồn vào da, ta cảm thấy lạnh ở chỗ da đó ?

C2 Giải thích tại sao khi trời nổi cơn giông sắp mưa thì không khí rất oi ả ?

C3 Tại sao ta có thể tạo ra cốc nước *mát* bằng cách thả vài mẩu nước đá vào cốc nước thường ?



Hình 55.2 Cục nước đá nổi trên nước trong cốc

mạng tinh thể có cấu trúc trật tự xa và chuyển sang thể lỏng có cấu trúc trật tự gần. Trong trường hợp ngược lại, khi khối chất lỏng đông đặc thành vật rắn kết tinh, thì nó lại toả nhiệt ra môi trường.

Nếu sự chuyển thể không kéo theo sự thay đổi cấu trúc đột biến thì việc thu hay toả nhiệt cũng không có gì đặc biệt. Ví dụ, khi ta đun nóng vật rắn vô định hình thì nó cứ mềm dần ra cho đến khi hoá lỏng hết. Việc thu nhiệt không có gì đột biến vì cấu trúc của chất rắn vô định hình rất gần với cấu trúc của chất lỏng.

2. Sự biến đổi thể tích riêng khi chuyển thể

Ta đã biết rằng, khi chuyển thể có thể xảy ra sự thay đổi cấu trúc của chất, kéo theo sự biến đổi *thể tích riêng*. Thể tích riêng là thể tích ứng với một đơn vị khối lượng của chất.

Khi ta thả một cục nước đá vào cốc nước (Hình 55.2) thì cục nước đá nổi trên nước, vì thể tích riêng của nước đá lớn hơn của nước. Nước là một trong số ít trường hợp đặc biệt, thể tích riêng của nó ở thể rắn *lớn hơn* ở thể lỏng. Nói chung đối với các chất thì *thể tích riêng ở thể rắn nhỏ hơn.*

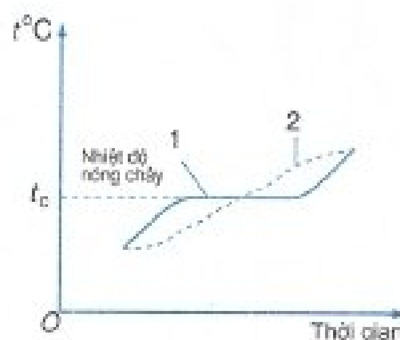
3. Sự nóng chảy và đông đặc

a) Nhiệt độ nóng chảy

Sự nóng chảy là quá trình các chất biến đổi từ thể rắn sang thể lỏng. Nếu ta nung nóng chất rắn kết tinh, ta nhận thấy rằng nhiệt độ của vật rắn sẽ tăng dần cho đến khi vật rắn bắt đầu nóng chảy. Sau đó nhiệt độ của vật không đổi trong suốt thời gian nóng chảy.

Khi toàn bộ vật rắn đã chuyển sang thể lỏng thì nhiệt độ của khối lỏng này lại tiếp tục tăng. Quá trình trên được mô tả ở Hình 55.3 (đường biểu diễn 1).

Nhiệt độ ở đó chất rắn kết tinh nóng chảy được gọi là nhiệt độ nóng chảy (hay điểm nóng chảy).



Hình 55.3 Quá trình nóng chảy của chất kết tinh (đường 1) và của chất rắn vô định hình (đường 2)

Nhiệt độ nóng chảy phụ thuộc vào chất và áp suất ngoài.

b) Nhiệt nóng chảy riêng

Như trên đã nói, khi vật rắn kết tinh nóng chảy thì khối chất cần thu nhiệt lượng từ ngoài để phá vỡ liên kết giữa các nguyên tử, phân tử tạo nên cấu trúc tinh thể.

Nhiệt lượng cần cung cấp để làm nóng chảy hoàn toàn một đơn vị khối lượng của một chất rắn kết tinh ở nhiệt độ nóng chảy gọi là nhiệt nóng chảy riêng (hay gọi tắt là nhiệt nóng chảy)

Nhiệt nóng chảy được kí hiệu là λ, đo bằng đơn vị J/kg.

Như vậy, nhiệt lượng mà toàn bộ vật rắn nhận từ ngoài trong suốt quá trình nóng chảy sẽ là :

$$Q = \lambda m$$

trong đó m là khối lượng vật rắn kết tinh nóng chảy.

c) Sự đông đặc

Hạ thấp dần nhiệt độ của khối lỏng (từ vật rắn kết tinh đã nóng chảy) thì ta quan sát thấy quá trình ngược với quá trình nóng chảy, nghĩa là lúc đầu nhiệt độ khối lỏng giảm dần cho tới khi bắt đầu có sự đông đặc trong khối lỏng. Khi đang đông đặc thì nhiệt độ của khối chất không đổi, đó là *nhiệt độ đông đặc (hay điểm đông đặc)*. Nhiệt độ này trùng với nhiệt độ nóng chảy.

Sau khi toàn bộ khối lỏng đã chuyển sang rắn thì nhiệt độ của khối chất rắn lại tiếp tục giảm nếu ta vẫn lấy nhiệt từ khối chất.

Khi đông đặc, khối lỏng lại toả ra nhiệt nóng chảy.

d) Sự nóng chảy và đông đặc của chất rắn vô định hình

Chất rắn vô định hình bị nung nóng thì mềm dần cho đến khi nó trở thành lỏng và trong quá trình

Bảng 1

Nhiệt độ nóng chảy (hay đông đặc) của một số chất rắn kết tinh ở 1 atm

Chất rắn	t^oC
Vonfam	3 387
Platin	1 772
Sắt	1 535
Thép	1 300 – 1 500
Đồng	1 084,5
Vàng	1 064,4
Nhôm	660,4
Kẽm	419,5
Chì	327,5
Thiếc	232
Nước đá	0,00
Thuỷ ngân	–38,8

Bảng 2

Nhiệt nóng chảy riêng λ của một số chất rắn kết tinh

Chất rắn	$\lambda(.10^3$ J/kg)
Nhôm	400
Sắt	277
Vàng	62,8
Nước đá	334
Thiếc	60,7
Chì	25
Bạc	105
Thép	83,7

này nhiệt độ của hệ tăng liên tục (xem đường biểu diễn 2 ở Hình 55.3).

Như vậy chất rắn vô định hình không có nhiệt độ nóng chảy xác định và không có nhiệt nóng chảy (xem giải thích ở cuối mục 1 của bài học này).

Nhiệt lượng cung cấp cho hệ trong quá trình nóng chảy làm tăng liên tục nhiệt độ của khối chất.

đ) Ứng dụng

Sự nóng chảy và đông đặc, mà chủ yếu là của kim loại, được ứng dụng trong công nghiệp đúc. Nguyên tắc của đúc kim loại là nấu chảy kim loại rồi đổ vào khuôn, sau đó để cho đông đặc lại. Nhiều bộ phận máy móc cũng như các vật kim loại như tượng, chuông,... đều được chế tạo theo phương pháp đúc. Có thể làm nóng chảy một hỗn hợp kim loại rắn, để sau khi đông đặc, chúng trở thành *hợp kim*. Người ta đã chế tạo ra một số hợp kim có những tính chất mong muốn.

CÂU HỎI

1. Nhiệt chuyển thể dùng để làm gì ?
2. Hãy phân tích sự biến thiên thế năng tương tác giữa các hạt cấu tạo chất khi biến đổi thể.

BÀI TẬP

1. Thả một cục nước đá có khối lượng 30 g ở 0°C vào cốc nước chứa 0,2 *l* nước ở 20°C. Bỏ qua nhiệt dung của cốc. Hỏi nhiệt độ cuối của cốc nước ?
   A. 0°C. B. 5°C. C. 7°C D. 10°C.
   Cho biết : $c_{nước}$ = 4,2 J/g.K ; $\rho_{nước}$ = 1 g/cm^3 ; $\lambda_{nước\ đá}$ = 334 J/g.
2. Có một tảng băng đang trôi trên biển. Phần nhô lên của tảng băng ước tính là 250.10^3 m^3, vậy thể tích phần chìm dưới nước biển là bao nhiêu ? Cho biết thể tích riêng của băng là 1,11 *l*/kg và khối lượng riêng của nước biển là 1,05 kg/*l*.
3. Để xác định gần đúng nhiệt lượng cần phải cung cấp cho 1 kg nước hoá thành hơi khi sôi (ở 100°C), một em học sinh đã làm thí nghiệm sau. Cho 1 *l* nước (coi là 1 kg nước) ở 10°C vào ấm rồi đặt lên bếp điện để đun. Theo dõi thời gian đun, em học sinh đó ghi chép được các số liệu sau đây :
   – Để đun nóng nước từ 10°C đến 100°C cần 18 min.
   – Để cho 200 g nước trong ấm hoá thành hơi khi sôi cần 23 min.
   Từ thí nghiệm này hãy tính nhiệt lượng cần phải cung cấp cho 1 kg nước hoá thành hơi ở nhiệt độ sôi 100°C. Bỏ qua nhiệt dung của ấm.

56 SỰ HOÁ HƠI VÀ SỰ NGƯNG TỤ

1. Sự hoá hơi

Sự hoá hơi là sự chuyển từ thể lỏng sang thể hơi (khí). Sự hoá hơi có thể xảy ra dưới hai hình thức : bay hơi và sôi.

a) Sự bay hơi của chất lỏng

Ta đã biết rằng mọi chất lỏng đều có thể bay hơi.

Ta có thể giải thích hiện tượng bay hơi như sau. Các phân tử ở lớp bề mặt khối lỏng tham gia chuyển động nhiệt, trong đó có những phân tử chuyển động hướng ra ngoài khối lỏng (Hình 56.1). Một số trong những phân tử này có động năng đủ lớn, thắng được lực tương tác giữa các phân tử chất lỏng với nhau thì chúng có thể thoát ra ngoài khối lỏng. Ta nói chất lỏng bay hơi. Như vậy, có thể nói sự bay hơi là sự hoá hơi xảy ra từ mặt thoáng của khối lỏng.

C1 Tốc độ bay hơi của chất lỏng phụ thuộc những yếu tố nào ?



Hình 56.1

Các phân tử a, b, c chuyển động hướng ra ngoài khối lỏng.

b) Nhiệt hoá hơi

Như bài trước đã nói, khi bay hơi đã xảy ra sự thay đổi cấu trúc của chất nên khối chất lỏng cần phải thu *nhiệt hoá hơi*. Có khi người ta gọi nhiệt hoá hơi là *ẩn nhiệt hoá hơi*, vì ở đây khối chất nhận nhiệt nhưng nhiệt độ của khối chất không tăng. Nhiệt hoá hơi tính cho 1 đơn vị khối lượng được gọi là nhiệt hoá hơi riêng và định nghĩa như sau :

Nhiệt hoá hơi riêng là nhiệt lượng cần truyền cho một đơn vị khối lượng chất lỏng để nó chuyển thành hơi ở một nhiệt độ xác định.

Nhiệt hoá hơi riêng còn được gọi tắt là *nhiệt hoá hơi*. Nhiệt hoá hơi riêng được kí hiệu là L và đo bằng đơn vị J/kg. Như vậy, nhiệt lượng mà một khối

lượng m chất lỏng nhận được từ ngoài trong quá trình hoá hơi ở một nhiệt độ xác định là :

$$Q = Lm \quad (56.1)$$

Nhiệt hoá hơi riêng phụ thuộc vào bản chất của chất lỏng và vào nhiệt độ mà ở đó khối lỏng bay hơi. Nhiệt hoá hơi một phần lớn được dùng vào việc phá vỡ sự liên kết các phân tử trong cấu trúc chất lỏng để chuyển thành hơi và phần còn lại chuyển sang công thắng áp suất ngoài do tăng thể tích (của khối chất) khi chuyển thể.

2. Sự ngưng tụ

Ta khảo sát sự ngưng tụ thông qua thí nghiệm sau đây.

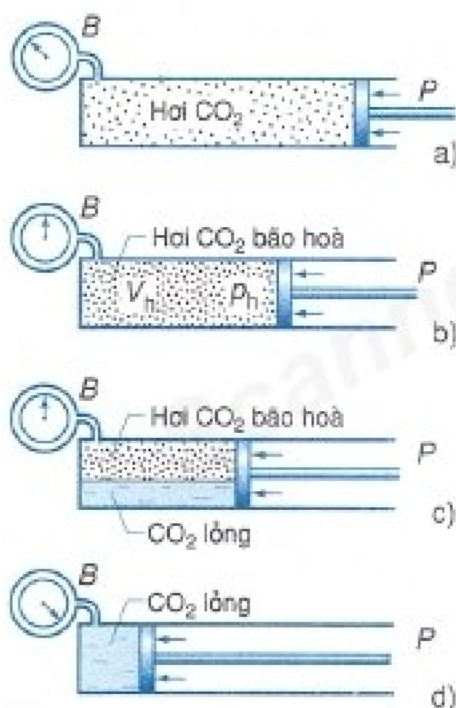
a) Thí nghiệm về sự ngưng tụ

Tiến trình thí nghiệm được vẽ ở Hình 56.2. Ban đầu trong xilanh chứa đầy hơi CO_2 khối lượng m.

Ta đẩy từ từ pit-tông sang trái để nén chậm hơi CO_2 và giữ nó ở nhiệt độ không đổi t°C. Ta thấy rằng khi thể tích hơi CO_2 giảm thì áp suất của nó tăng theo gần đúng định luật Bôi-lơ – Ma-ri-ốt (Hình 56.2b). Khi thể tích hơi CO_2 giảm đến giá trị V_h thì áp suất là p_h còn nhiệt độ vẫn là t. Nếu bây giờ ta tiếp tục nén thì thể tích hơi tiếp tục giảm song áp suất *không tăng* và trong xilanh lúc đó hơi bắt đầu hoá lỏng (Hình 56.2c).

Như vậy khi nén hơi ở một nhiệt độ xác định thì áp suất hơi sẽ tăng đến một giá trị cực đại nào đó rồi hơi bắt đầu hoá lỏng. Khi ấy hơi được gọi là *hơi bão hoà* và áp suất của nó gọi là *áp suất hơi bão hoà*, kí hiệu bằng p_{bh} (đó chính là áp suất p_h nói trên).

Nếu tiếp tục nén thì hơi CO_2 tiếp tục ngưng tụ cho đến khi toàn bộ hơi CO_2 ngưng tụ hết (Hình 56.2d). Quá trình ngưng tụ này vừa là đẳng nhiệt vừa là đẳng áp. Trong suốt quá trình ngưng tụ, hơi toả ra *nhiệt hoá hơi*.

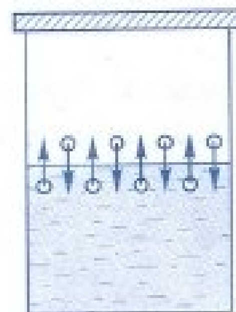


Hình 56.2 *Thí nghiệm về sự ngưng tụ*

Một xilanh chứa khí cacbonic (CO_2) được đóng kín bằng một pit-tông P di động. Xilanh đặt nằm ngang, đáy kín ở bên trái và thông với một áp kế B để đo áp suất của khí CO_2 trong xilanh (Hình 56.2a).

Từ đó trở đi, nếu ta tiếp tục nén, tức là ta nén CO_2 lỏng. Vì chất lỏng khó nén nên áp suất của CO_2 lỏng trong xilanh tăng nhanh, còn nhiệt độ vẫn là t.

Bây giờ ta trở lại với quá trình ngưng tụ (Hình 56.2c). Lúc ấy trong xilanh, lượng CO_2 tồn tại ở cả thể lỏng và thể hơi, chúng nằm cân bằng cạnh nhau. Hơi CO_2 lúc đó là *hơi bão hoà* nên người ta nói *hơi bão hoà là hơi ở trạng thái cân bằng động với chất lỏng của nó* (Hình 56.3).



Hình 56.3 Hơi bão hoà nằm cân bằng động với khối lỏng

Sau đây chúng ta sẽ giải thích về *trạng thái cân bằng động*.

Khi bay hơi, có những phân tử thoát ra khỏi khối lỏng tạo thành hơi của chất ấy nằm kề bên trên mặt thoáng khối lỏng. Những phân tử hơi này cũng chuyển động hỗn loạn và có một số phân tử có thể bay trở vào khối lỏng. Vậy qua mặt thoáng khối lỏng, luôn luôn có hai quá trình ngược nhau : quá trình phân tử bay ra (sự hoá hơi) và quá trình phân tử bay vào (sự ngưng tụ). Khi số phân tử bay ra bằng số phân tử bay vào thì ta có *sự cân bằng động*.

b) Áp suất hơi bão hoà. Hơi khô

Điều kiện để có hơi bão hoà là hơi nằm cân bằng động bên trên khối lỏng và hơi bị giam trong không gian kín.

Thí nghiệm ở phần trên cho biết rằng ở một nhiệt độ đã cho thì áp suất hơi bão hoà của một chất là áp suất của hơi chất ấy khi nó nằm cân bằng động bên trên khối lỏng.

Hơi ở áp suất thấp hơn áp suất hơi bão hoà có cùng nhiệt độ được gọi là *hơi khô*.

Ở một nhiệt độ không đổi, nếu ta tăng hay giảm thể tích của hơi bão hoà nằm cân bằng động trên mặt khối lỏng, thì sẽ xảy ra sự hoá hơi (hay ngưng tụ) giữa hơi và khối lỏng, làm cho áp suất của hơi luôn luôn bằng áp suất của hơi bão hoà.

Vì thế người ta nói rằng : ***Áp suất hơi bão hoà không phụ thuộc thể tích hơi.***

Bảng 1

Áp suất và khối lượng riêng của hơi nước bão hoà ở nhiệt độ khác nhau

t^oC	p_b (mmHg)	ρ ($.10^{-3}$ kg/m^3)
5	3,0	3,2
0	4,6	4,8
5	6,5	6,8
10	9,2	9,4
15	12,8	12,8
20	17,5	17,3
25	23,8	23,0
30	31,8	30,3
50	92,5	83,0
80	355,1	293,0
100	760,0	598,0

Bảng 2

Áp suất hơi bão hoà của một số chất lỏng ở 20°C

Chất	p_b (mmHg)
Xăng	74,1
Nước	17,5
Thuỷ ngân	0,0012
Rượu êtylic	44,0
Ête	422

Việc hoá lỏng các chất khí rất có lợi cho sử dụng và vận chuyển các khí.

Không khí là một hỗn hợp khí, trong đó có nhiều chất khí khác nhau như : ôxi, nitơ, heli, acgôn,... được dùng cho nhiều việc nên người ta đã hoá lỏng không khí rồi tách riêng từng chất ra để sử dụng.

Bảng 3

Nhiệt độ tới hạn của một số chất

Chất	t_k (°C)
Hiđrô	–239,9
Nitơ	–147,1
Ôxi	–113,3
Khí CO_2	31,1
Ête	193,8
Rượu	243,6
Nước	374,15

C2 Giải thích tại sao không thể hoá lỏng các khí ôxi, nitơ, hiđrô bằng cách nén chúng ở nhiệt độ phòng.

Ngoài ra, người ta đã làm những thí nghiệm nén hơi ngưng tụ ở những nhiệt độ khác nhau với những chất khác nhau và thấy rằng :

• Với cùng một chất lỏng, áp suất hơi bão hoà p_{bh} phụ thuộc nhiệt độ, khi nhiệt độ tăng lên thì áp suất hơi bão hoà tăng.

• Ở cùng một nhiệt độ, áp suất hơi bão hoà của các chất lỏng khác nhau là khác nhau.

c) Nhiệt độ tới hạn

Thí nghiệm được mô tả ở Hình 56.2 cho thấy rằng có thể làm hơi ngưng tụ (hoá lỏng) bằng cách nén.

Thử hoá lỏng các khí khác nhau bằng cách nén, người ta biết được rằng có chất khí hoá lỏng được ở nhiệt độ phòng như : CO_2, clo,..., có chất khí dù nén mạnh bao nhiêu cũng không hoá lỏng được ở nhiệt độ phòng như : nitơ, ôxi, hiđrô, heli,...

Sau khi nghiên cứu hiện tượng này người ta đã phát hiện ra rằng:

Đối với mỗi chất, tồn tại một nhiệt độ gọi là nhiệt độ tới hạn. Ở nhiệt độ cao hơn nhiệt độ tới hạn của mỗi chất, thì chất đó chỉ tồn tại ở thể khí và không thể hoá lỏng khí đó bằng cách nén.

3. Sự sôi

Sự hoá hơi của chất lỏng còn có thể xảy ra dưới dạng đặc biệt : *sự sôi*. Đun nước trong một bình thuỷ tinh và theo dõi quá trình nước nóng lên, ta thấy đun đến một lúc nào đó, thì lúc đầu ở đáy bình, rồi sau đó, cả ở trong lòng khối nước, xuất hiện những bọt. Các bọt này có thể tách khỏi đáy bình, đi lên mặt nước, vỡ ra và toả hơi nước ra ngoài khí quyển. Lúc đó người ta bảo là *nước sôi*.

Vậy **sự sôi là quá trình hoá hơi xảy ra không chỉ ở mặt thoáng khối lỏng mà còn từ trong lòng khối lỏng.**

Nghiên cứu sự sôi của các chất lỏng, người ta tìm ra các định luật như sau :

• Dưới áp suất ngoài xác định, chất lỏng sôi ở nhiệt độ mà tại đó áp suất hơi bão hoà của chất lỏng bằng áp suất ngoài tác dụng lên mặt thoáng khối lỏng.

Ví dụ : Nước sôi ở 100°C vì ở nhiệt độ này áp suất hơi bão hoà của nước bằng áp suất khí quyển (1 atm).

Nếu ta đun nước trong nồi áp suất và nếu ta giữ được áp suất trong nồi ở 4 atm thì nước trong nồi sôi ở 143°C.

• Trong quá trình sôi, nhiệt độ của khối lỏng không đổi.

Vì sự sôi cũng là sự hoá hơi nên khi sôi khối lỏng thu nhiệt hoá hơi. Lúc đó nhiệt lượng cung cấp cho khối lỏng chuyển hết thành nhiệt hoá hơi, nên nó không làm tăng nhiệt độ khối lỏng.

Bảng 4

Nhiệt hoá hơi của một số chất ở nhiệt độ sôi

Chất	Nhiệt độ sôi (°C)	Nhiệt hoá hơi (J/kg)
Nước	100	$2,26.10^6$
Sắt	2 750	$5,8.10^4$
Thuỷ ngân	357	$2,85.10^5$
Rượu	78	$8,57.10^5$

4. Độ ẩm không khí

a) Độ ẩm tuyệt đối

Trong không khí luôn có hơi nước, vì nước trên mặt Trái Đất hoá hơi. Lượng hơi nước trong không khí thay đổi theo vị trí, theo thời gian.

Người ta gọi độ ẩm tuyệt đối (*a*) của không khí là đại lượng có giá trị bằng khối lượng hơi nước tính ra gam chứa trong 1 m³ không khí.

Áp suất của không khí được tạo nên từ áp suất của các khí khác nhau có trong không khí. Áp suất của riêng mỗi chất khí có trong không khí được gọi là áp suất riêng phần của khí đó.

Hơi nước trong không khí cũng được coi là một khí thành phần của không khí. Vì vậy độ ẩm tuyệt đối hay độ ẩm cực đại còn được biểu thị bằng áp suất riêng phần của hơi nước trong không khí.

b) Độ ẩm cực đại

Áp suất hơi nước ở nhiệt độ đã cho không thể lớn hơn áp suất hơi bão hoà của nó ở nhiệt độ ấy.

Độ ẩm cực đại (*A*) của không khí ở một nhiệt độ nào đó là đại lượng có giá trị bằng khối lượng tính ra gam của hơi nước bão hoà chứa trong 1 m³ không khí ở nhiệt độ ấy.

c) Độ ẩm tỉ đối (hay độ ẩm tương đối)

Không khí càng ẩm nếu hơi nước chứa trong đó càng gần trạng thái bão hoà. Để đặc trưng cho

Ví dụ : Ở 25°C thì áp suất hơi nước bão hoà là 23,8 mmHg, khi đó 1 m³ hơi nước có khối lượng 23,0 g (xem cột 3 của Bảng 1). Vậy ở 25°C độ ẩm cực đại của không khí là 23 g/m³.

Bảng 5

Độ ẩm tỉ đối của một số địa phương ở nước ta

Địa phương	(%) tính trung bình cả tháng	
	Tháng nóng nhất	Tháng lạnh nhất
Sa Pa	89	86
Điện Biên	82	82
Hà Nội	83	80
Vinh	80	89
Huế	73	90
Đà Nẵng	75	86
Nha Trang	79	78
TP. Hồ Chí Minh	74	74
Đà Lạt	76	74

Người ta còn tính độ ẩm tỉ đối bằng tỉ số của áp suất riêng phần của hơi nước trong không khí và áp suất của hơi nước bão hoà ở nhiệt độ ấy. Ví dụ, ở nước ta vào những ngày khô, độ ẩm tỉ đối có thể dưới 70%, vào những ngày ẩm có thể trên 90%.

C3 Giải thích tại sao ta thường thấy sương đọng trên ngọn cỏ, lá cây vào buổi sáng sớm trời lạnh.

điều đó người ta dùng *độ ẩm tỉ đối* (f), đo bằng tỉ số :

$$f = \frac{a}{A} \qquad (56.2)$$

Độ ẩm tỉ đối tính bằng phần trăm, trong đó a và A lấy ở cùng một nhiệt độ.

d) Điểm sương

Nếu không khí ẩm bị lạnh đi, thì đến một nhiệt độ nào đó hơi nước trong không khí trở thành bão hoà. Nếu lạnh xuống dưới nhiệt độ ấy thì hơi nước đọng lại thành *sương*. Nhiệt độ mà tại đó hơi nước trong không khí trở thành bão hoà gọi là *điểm sương*.

đ) Vai trò của độ ẩm

Độ ẩm của không khí ảnh hưởng đến rất nhiều quá trình trên Trái Đất. Độ ẩm tỉ đối là một thông số quan trọng trong dự báo thời tiết. Độ ẩm ảnh hưởng đến độ bền của vật liệu, nó tạo điều kiện làm han rỉ vật liệu kim loại, làm mục gỗ,...

Độ ẩm và nhiệt độ là những điều kiện cần thiết cho những quá trình sinh học (sự sinh sôi của vi khuẩn, việc lên men mốc,...).

Trong nhiều ngành sản xuất (như ngành vải, bánh kẹo,...) cần duy trì một độ ẩm cần thiết.

Trong việc bảo quản các tác phẩm nghệ thuật cũng vậy, thiếu một độ ẩm cần thiết có thể gây nứt nẻ các tác phẩm điêu khắc ; nhưng độ ẩm cao quá lại giúp cho nấm mốc dễ phát triển.

Độ ẩm tỉ đối ảnh hưởng nhiều đến sự bay hơi của nước trong không khí. Độ ẩm tỉ đối mà lớn thì nước bay hơi rất chậm, quần áo ướt rất lâu khô, mồ hôi toát ra từ cơ thể cũng lâu khô làm ta cảm thấy oi bức. Nếu độ ẩm tỉ đối mà thấp quá thì nước bay hơi nhanh, quần áo phơi trong phòng cũng chóng khô, da của cơ thể chúng ta có thể bị khô nẻ.

Trong các con tàu vũ trụ có người làm việc, không những phải đảm bảo nhiệt độ và áp suất của không khí trong con tàu, mà còn phải duy trì một độ ẩm tỉ đối thích hợp đối với cơ thể con người (40 – 60%).

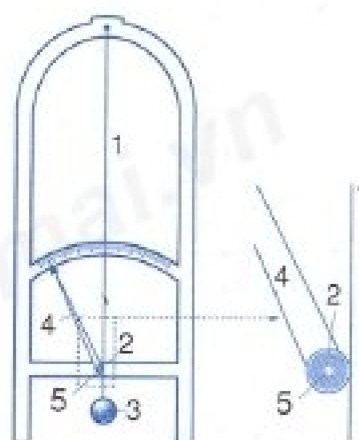
5. Ẩm kế

Dụng cụ để đo độ ẩm của không khí gọi là ẩm kế. Sau đây là một vài loại ẩm kế đơn giản, thông dụng.

a) Ẩm kế tóc

Đây là một dụng cụ đo *độ ẩm tỉ đối* khá đơn giản (Hình 56.4).

Bộ phận chính của ẩm kế này là một sợi tóc người đã được tẩy sạch mỡ. Sợi tóc này được quấn qua một ống quay quanh một trục nhỏ rồi bị kéo căng bởi một trọng vật nhỏ. Một kim chỉ được gắn vào ống quay. Khi độ ẩm tỉ đối tăng lên, sợi tóc dài thêm ra, trọng vật kéo sợi tóc xuống dưới và làm quay kim chỉ. Mặt số được ghi độ ẩm tỉ đối theo một ẩm kế chuẩn.



Hình 56.4 Ẩm kế tóc

1. Sợi tóc quấn vòng qua ống quay.
2. Ống quay gắn chặt với kim chỉ.
3. Trọng vật.
4. Kim chỉ.
5. Trục cố định ở trong ống quay.

b) Ẩm kế khô – ướt

Loại ẩm kế này cho phép ta biết được độ ẩm tương đối của không khí.

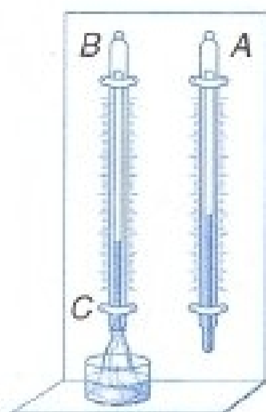
Về nguyên tắc, dụng cụ này gồm có hai nhiệt kế *A* và *B* giống nhau (Hình 56.5). Bầu thuỷ ngân của nhiệt kế *B* bọc vải nhúng trong chén nước *C*. Nhờ nước trong chén mà vải luôn luôn ướt. Nước ở vải bay hơi và thu nhiệt từ nhiệt kế, làm nhiệt độ của nó hạ xuống.

Tuỳ theo nước ở vải bay hơi nhanh hay chậm mà nhiệt độ của nhiệt kế ướt *B* giảm đi nhiều hay ít so với nhiệt kế khô *A*.

Sự bay hơi nhanh hay chậm của nước thấm ướt vải lại tuỳ thuộc vào độ ẩm tỉ đối của không khí. Như vậy, ta có thể căn cứ vào độ chênh lệch nhiệt độ của hai nhiệt kế mà biết được độ ẩm tỉ đối của không khí bằng cách tra Bảng 6.

Bảng 6

Nhiệt độ của nhiệt kế ướt (°C)	Chênh lệch nhiệt độ giữa hai nhiệt kế				
	1°	2°	3°	4°	5°
	Độ ẩm tỉ đối (%)				
16	90	80	72	64	57
17	90	81	72	65	58
18	90	81	73	65	59
19	91	82	74	66	60
20	91	82	74	67	61
21	91	83	75	68	62
22	91	83	76	69	63
23	91	83	76	69	63
24	92	84	77	70	64
25	92	84	77	71	65



Hình 56.5 *Ẩm kế khô – ướt*

CÂU HỎI

1. Phân biệt sự bay hơi và sự sôi.
2. Trạng thái cân bằng động giữa hơi bão hoà và khối lỏng là trạng thái như thế nào ?
3. Tại sao áp suất hơi bão hoà không phụ thuộc thể tích ? Nó phụ thuộc vào nhiệt độ như thế nào ?
4. Nêu ý nghĩa của nhiệt độ tới hạn.

BÀI TẬP

1. Dùng ẩm kế khô – ướt để đo độ ẩm tỉ đối của không khí. Nhiệt kế khô chỉ 24°C, hiệu nhiệt độ giữa hai nhiệt kế là 4°C. Độ ẩm tỉ đối của không khí là bao nhiêu ?

   A. 77%.　　B. 70%.

   C. 67%.　　D. 61%.

2. Không gian trong xilanh ở bên dưới pit-tông có thể tích là $V_0 = 5{,}0\ l$ chứa hơi nước bão hoà ở nhiệt độ $t = 100$°C. Nén hơi đẳng nhiệt đến thể tích $V = 1{,}6\ l$. Tìm khối lượng nước ngưng tụ. (Có thể áp dụng phương trình Cla-pê-rôn – Men-đê-lê-ép cho hơi bão hoà).

3. Để xác định nhiệt hoá hơi của nước, người ta làm thí nghiệm sau. Đưa 10 g hơi nước ở nhiệt độ 100°C vào một nhiệt lượng kế chứa 290 g nước ở 20°C. Nhiệt độ cuối của hệ là 40°C. Hãy tính nhiệt hoá hơi của nước, cho biết nhiệt dung của nhiệt lượng kế là 46 J/độ, nhiệt dung riêng của nước là 4,18 J/g.độ.

4. Nhiệt độ của không khí là 30°C. Độ ẩm tỉ đối là 64%. Hãy xác định độ ẩm tuyệt đối và điểm sương. Ghi chú : Tính các độ ẩm theo áp suất riêng phần.

Em có biết ?

CÔNG DỤNG CỦA NỒI ÁP SUẤT

Ta đã biết chất lỏng sôi ở nhiệt độ mà tại đó áp suất hơi bão hoà của chất lỏng bằng áp suất ngoài tác dụng lên mặt thoáng khối lỏng. Ta cũng đã biết, nếu đun nước trong nồi hở thì nước sôi ở 100°C vì áp suất của hơi nước bão hoà ở 100°C là 1 atm, bằng áp suất khí quyển.

Nếu ta đun nước trong nồi đậy vung thật chặt và kín mít thì nước trong nồi không thể sôi được vì áp suất ngoài (ở đây là áp suất hơi nước bão hoà cộng với áp suất khí quyển có trong nồi lúc ban đầu) luôn lớn hơn áp suất hơi bão hoà của nước ở nhiệt độ mà nước đạt tới.

Nếu ở nắp nồi có lắp một cái van và nó chỉ mở ra khi áp suất của hơi ở bên trong nắp nồi vượt quá một áp suất đã định trước nào đó, ví dụ là 1,4 atm, thì nước trong nồi sẽ sôi ở nhiệt độ 108°C, vì ở nhiệt độ này áp suất hơi bão hoà của nước bằng 1,4 atm.

Ở nhiệt độ cao hơn 100°C, thức ăn sẽ chóng nhừ hơn so với nấu bình thường ở 100°C. Đó là công dụng của nồi áp suất.

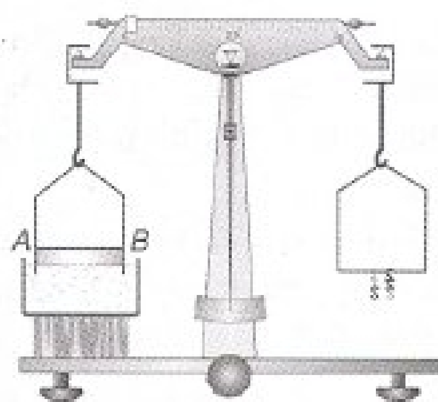
Ở bệnh viện, để diệt các vi trùng không chết ở 100°C, người ta phải dùng nồi hấp (cũng là một loại nồi áp suất) để tẩy trùng quần áo và thiết bị cần thiết khi mổ.

57 Thực hành : XÁC ĐỊNH HỆ SỐ CĂNG BỀ MẶT CỦA CHẤT LỎNG

1. Mục đích

– Xác định hệ số căng bề mặt của nước xà phòng và hệ số căng bề mặt của nước cất.

– Rèn luyện kĩ năng sử dụng các dụng cụ đo : cân đòn, lực kế và thước kẹp.



Hình 57.1 Xác định lực căng bề mặt bằng cách móc các gia trọng lên quang treo

2. Cơ sở lí thuyết

a) Phương án 1 : Xác định hệ số căng bề mặt của nước xà phòng

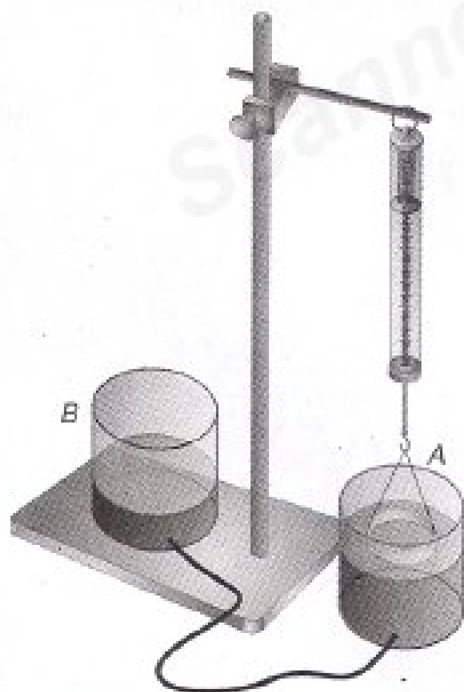
Khi có màng xà phòng nằm giữa thanh AB có chiều dài l và mặt thoáng khối nước xà phòng, do tác dụng của lực căng bề mặt lên thanh, đòn cân đang nằm thăng bằng sẽ bị lệch về phía khung dây thép.

Bằng cách móc các gia trọng có khối lượng m lên quang treo, ta đưa đòn cân trở về nằm thăng bằng (Hình 57.1). Hệ số căng bề mặt của nước xà phòng được xác định theo công thức $\sigma = \frac{mg}{2l}$.

b) Phương án 2 : Xác định hệ số căng bề mặt của nước cất

Dùng lực kế móc vào đầu sợi dây có treo một vòng kim loại sao cho đáy vòng nằm trên mặt thoáng khối nước cất (Hình 57.2). Do vòng bị nước dính ướt hoàn toàn nên để bứt vòng ra khỏi mặt thoáng khối nước, lực kế cần tác dụng lên vòng một lực $\vec{F}$ bằng tổng trọng lực $\vec{P}$ và lực căng bề mặt $\vec{F}'$ tác dụng lên vòng.

Hệ số căng bề mặt của nước cất được xác định theo công thức $\sigma = \frac{F'}{l_1 + l_2} = \frac{F - P}{l_1 + l_2}$, trong đó l_1, l_2 là chu vi ngoài và chu vi trong của đáy vòng.



Hình 57.2 Xác định lực căng bề mặt bằng cách dùng lực kế bứt vòng kim loại khỏi mặt thoáng khối nước

3. Phương án thí nghiệm

a) Phương án 1

– Dụng cụ thí nghiệm

• Một cân đòn và các gia trọng (các móc nhỏ) có khối lượng 0,1 g và 0,01 g.

• Kẹp nhỏ để treo gia trọng.

• Hai khung dây thép inox được uốn thành dạng như ở Hình 57.1, có chiều dài cạnh *AB* lần lượt là $l_1 = 5$ cm và $l_2 = 10$ cm.

• Khung dây thép làm quang treo.

• Cốc đựng nước xà phòng.

• Khúc gỗ để đặt cốc nước xà phòng.

– Tiến trình thí nghiệm

• Đặt cốc đựng nước xà phòng lên trên khúc gỗ.

• Treo khung có chiều dài cạnh *AB* $l_1 = 5$ cm vào đầu bên trái đòn cân sao cho một phần các cạnh bên của khung ngập trong nước và thanh *AB* cách mặt thoáng khối nước từ 1 đến 2 cm.

• Móc các gia trọng lên quang treo ở đầu bên phải đòn cân và vặn các ốc vi chỉnh thăng bằng ở hai đầu đòn cân để đòn cân nằm thăng bằng.

• Nâng cốc lên sao cho thanh *AB* ngập trong nước xà phòng, rồi hạ cốc về vị trí ban đầu để tạo một màng xà phòng nằm giữa thanh *AB* và mặt thoáng khối nước.

• Móc thêm các gia trọng lên quang treo để đưa đòn cân trở về nằm thăng bằng. Ghi giá trị khối lượng m_1 của các gia trọng đã móc thêm vào bảng số liệu.

• Lặp lại thêm các bước thí nghiệm trên hai lần.

• Lấy $g = 9,8$ m/s^2; tính σ trong mỗi lần thí nghiệm, $\overline{\sigma}$ và $\overline{\Delta\sigma}$.

• Lặp lại các bước thí nghiệm với khung có chiều dài thanh *AB* là $l_2 = 10$ cm.

b) Phương án 2

– Dụng cụ thí nghiệm

• Lực kế có GHĐ 0,1 N và ĐCNN 0,001 N.

• Vòng nhôm có dây treo.

• Hai cốc đựng nước cất được nối thông với nhau ở thành các cốc nhờ một ống cao su.

• Thước kẹp đo được chiều dài từ 0 đến 150 mm, có ĐCNN 0,05 mm.

• Giá thí nghiệm.

– Tiến trình thí nghiệm

• Dùng thước kẹp đo ba lần đường kính ngoài, đường kính trong ; rồi tính chu vi ngoài l_1, chu vi trong l_2 của đáy vòng và ghi vào bảng số liệu các giá trị tính được. Tính $\overline{l_1}$, $\overline{\Delta l_1}$ và $\overline{l_2}, \overline{\Delta l_2}$.

• Treo lực kế vào thanh ngang của giá đỡ và móc nó vào đầu dây treo vòng để xác định trọng lượng P của vòng.

• Hạ lực kế xuống thấp dần sao cho đáy vòng nằm trên mặt thoáng khối nước ở cốc A.

• Hạ từ từ cốc nước B xuống phía dưới, cho tới khi vòng bị bứt ra khỏi mặt thoáng khối nước ở cốc A. Đọc trên lực kế và ghi vào bảng số liệu giá trị lực F_1.

• Nâng cốc nước B sao cho đáy vòng lại nằm trên mặt thoáng khối nước ở cốc A.

Lặp lại thêm bước thí nghiệm trên hai lần.

• Tính và ghi vào bảng số liệu các giá trị lực căng bề mặt $F_1', F_2', F_3', \overline{F}'$ và $\overline{\Delta F}'$.

• Tính $\overline{\sigma}$ và $\overline{\Delta\sigma}$.

4. Báo cáo thí nghiệm

a) Mục đích thí nghiệm

b) Cơ sở lí thuyết

c) Kết quả thí nghiệm

– *Phương án 1* : Xác định hệ số căng bề mặt của nước xà phòng

• Trường hợp chiều dài cạnh AB l_1 = 5 cm

Lần thí nghiệm	Khối lượng m của các gia trọng được móc thêm (kg)	Hệ số căng bề mặt σ của nước xà phòng (N/m)
1		
2		
3		

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3} = \qquad \overline{\Delta\sigma} = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} =$$

$$\sigma = \bar{\sigma} \pm \overline{\Delta\sigma} =$$

• Lập bảng số liệu và tính toán tương tự cho trường hợp cạnh *AB* có chiều dài $l_2 = 10$ cm.

– *Phương án 2* : Xác định hệ số căng bề mặt của nước cất

Lần đo	l_1 (mm)	l_2 (mm)
1		
2		
3		

$$\bar{l_1} = \frac{l_{11} + l_{12} + l_{13}}{3} = \qquad \overline{\Delta l_1} = \frac{l_{1max} - l_{1min}}{2} =$$

$$\bar{l_2} = \frac{l_{21} + l_{22} + l_{23}}{3} = \qquad \overline{\Delta l_2} = \frac{l_{2max} - l_{2min}}{2} =$$

$P_{vòng} = ... N$

Lần thí nghiệm	F (N)	F = F – P (N)
1		
2		
3		

$$\bar{F}' = \frac{F'_1 + F'_2 + F'_3}{3} = \qquad \overline{\Delta F}' = \frac{F'_{max} - F'_{min}}{2} =$$

$$\bar{\sigma} = \frac{\bar{F}'}{\bar{l_1} + \bar{l_2}} = \qquad \overline{\Delta\sigma} = \bar{\sigma}\left(\frac{\overline{\Delta F}'}{\bar{F}'} + \frac{\overline{\Delta l_1} + \overline{\Delta l_2}}{\bar{l_1} + \bar{l_2}}\right) =$$

$$\sigma = \bar{\sigma} \pm \overline{\Delta\sigma} =$$

CÂU HỎI

1. Ở phương án 1, có thể dùng lực kế ở phương án 2 thay cho cân đòn và các gia trọng được không ? Vì sao ?
2. Ở phương án 2, có thể không dùng lực kế mà xác định các lực bằng cân đòn và các gia trọng được không ? Vì sao ?

BÀI ĐỌC THÊM

PLASMA - TRẠNG THÁI THỨ TƯ CỦA VẬT CHẤT

Plasma, đó là khí ở trạng thái ion hoá cao độ, trong đó số điện tử tự do xấp xỉ bằng số ion dương. Plasma được tạo thành khi phóng điện trong chất khí (ví dụ như không khí dọc theo tia chớp khi có sét đánh), hoặc khi nung nóng khí đến nhiệt độ đủ cao để có thể xảy ra sự ion hoá mạnh. Plasma có một số đặc tính khác với khí thông thường, chẳng hạn như có độ dẫn điện cao, do plasma được tạo thành từ các hạt tích điện. Có thể xem plasma là trạng thái thứ tư của vật chất, sau các trạng thái rắn, lỏng và khí.

Plasma là trạng thái phổ biến trong vũ trụ. Mặt Trời, các sao sáng,... có nhiệt độ rất cao đều do plasma tạo thành. Xung quanh Trái Đất, plasma tồn tại trong tầng điện li, có ảnh hưởng rất lớn đến sự truyền sóng vô tuyến trong khí quyển. Plasma nhiệt độ cao ($T \approx 10^6 - 10^8$ K) của đơtêri (H^2) và triti (H^3) được nghiên cứu nhằm mục đích thực hiện phản ứng nhiệt hạch có điều khiển, là một nguồn năng lượng hầu như vô tận của tương lai. Plasma nhiệt độ thấp ($T < 10^5$ K) được dùng trong các ống phóng điện chất khí khác nhau (laze khí, động cơ plasma,...).

TÓM TẮT CHƯƠNG VII

Chủ đề	Ý chính
Chất rắn kết tinh Chất rắn vô định hình Biến dạng của vật rắn Sự nở vì nhiệt Chất lỏng Lực căng bề mặt Sự dính ướt và không dính ướt Hiện tượng mao dẫn Sự nóng chảy và đông đặc Sự hoá hơi và ngưng tụ Độ ẩm của không khí	**Chất rắn kết tinh** có cấu tạo tinh thể. Tinh thể có dạng hình học Cấu trúc bên trong chất rắn kết tinh có *tính trật tự xa.* Tinh thể có tính dị hướng. Vật rắn đơn tinh thể có tính dị hướng, vật rắn đa tinh thể không có tính dị hướng. Trong chất rắn kết tinh, các hạt (nguyên tử hay phân tử) cấu tạo chất rắn dao động quanh vị trí cân bằng xác định. **Chất rắn vô định hình** không có cấu tạo tinh thể, cấu trúc bên trong của nó có *tính trật tự gần.* Trong chất rắn vô định hình, các hạt dao động quanh vị trí cân bằng tạm thời. Vật rắn vô định hình có tính đẳng hướng.

Biến dạng của vật rắn

Biến dạng đàn hồi sẽ mất đi khi ngoại lực thôi tác dụng.

Biến dạng dẻo vẫn còn (toàn bộ hay một phần) khi ngoại lực thôi tác dụng.

Biến dạng đàn hồi kéo (hay nén) tuân theo định luật Húc : $\sigma = E\varepsilon$, trong đó $\sigma = \frac{F}{S}$ và $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$ với E là môđun I-âng, đo bằng paxcan (Pa) còn $\Delta l = |l - l_0|$

Khi tăng nhiệt độ thì kích thước của vật tăng lên. Vật rắn có sự nở dài và sự nở khối (sự nở thể tích).

Sự nở vì nhiệt

Công thức của sự nở dài : $\Delta l = \alpha l_0 \Delta t$ hay $l = l_0(1 + \alpha\Delta t)$; trong đó α là hệ số nở dài.

Công thức của sự nở khối $\Delta V = \beta V_0 \Delta t$ hay $V = V_0(1 + \beta\Delta t)$; trong đó β là hệ số nở thể tích, $\beta = 3\alpha$.

Chất lỏng : Khối lỏng có thể tích xác định.

Chất lỏng có cấu trúc trật tự gần.

Các phân tử của khối lỏng dao động xung quanh vị trí cân bằng và vị trí cân bằng này thường xuyên dịch chuyển.

Lực căng bề mặt đặt lên đường giới hạn của bề mặt và vuông góc với nó, có phương tiếp tuyến với bề mặt của khối lỏng và có chiều hướng về phía mặt chất lỏng gây ra lực căng đó.

Độ lớn F của lực căng bề mặt đặt trên đoạn đường giới hạn thẳng có độ dài l

$F = \sigma l$; σ là hệ số căng bề mặt.

Khi chất rắn tiếp xúc với chất lỏng thì nó có thể bị *dính ướt* hay *không dính ướt*. Mặt tiếp xúc giữa chất lỏng với thành bình sẽ là *mặt lõm* nếu chất rắn bị dính ướt và sẽ là *mặt lồi* nếu chất rắn không bị dính ướt.

Hiện tượng mao dẫn : Mực chất lỏng trong ống sẽ *dâng cao hơn* khi thành ống *bị làm ướt* và sẽ *hạ thấp hơn* khi thành ống *không bị làm ướt*. Độ dâng lên hay tụt xuống của mức chất lỏng trong ống mao dẫn là :

$$h = \frac{4\sigma}{\rho g d}$$

trong đó σ là hệ số căng bề mặt, ρ là khối lượng riêng của chất lỏng, d là đường kính trong của ống mao dẫn, g là gia tốc trọng trường.

Sự nóng chảy và đông đặc

Dưới áp suất ngoài xác định, vật rắn kết tinh nóng chảy (hay đông đặc) ở nhiệt độ xác định, gọi là *nhiệt độ nóng chảy* (hay *nhiệt độ đông đặc*).

Khi nóng chảy (hay đông đặc), mỗi đơn vị khối lượng chất rắn kết tinh nhận (hay nhả) một nhiệt lượng gọi là *nhiệt nóng chảy riêng* (λ). Một vật rắn kết tinh khối lượng m khi nóng chảy sẽ thu một nhiệt lượng : $Q = m\lambda$.

Sự hoá hơi và sự ngưng tụ

Sự hoá hơi gồm có sự bay hơi và sự sôi. Sự bay hơi xảy ra ở mọi nhiệt độ và từ mặt thoáng khối lỏng. Sự sôi xảy ra ở nhiệt độ sôi từ mặt thoáng và cả từ trong lòng khối lỏng. Khi hoá hơi, mỗi đơn vị khối lượng chất lỏng nhận một nhiệt lượng L gọi là nhiệt hoá hơi.

Một lượng chất lỏng có khối lượng m khi hoá hơi sẽ thu một nhiệt lượng : $Q = mL$.

Tại một nhiệt độ xác định, áp suất hơi lớn nhất của một chất là áp suất hơi bão hoà của chất đó nằm cân bằng động bên trên khối lỏng.

Áp suất hơi bão hoà của một chất chỉ phụ thuộc nhiệt độ.

Hơi của một chất ở áp suất thấp hơn áp suất hơi bão hoà của chất đó ở cùng nhiệt độ được gọi là *hơi khô*.

Nhiệt độ tới hạn của một chất là nhiệt độ mà ở trên nhiệt độ đó chất chỉ tồn tại ở thể khí.

Độ ẩm của không khí

– Độ ẩm tuyệt đối a là khối lượng tính ra gam của lượng hơi nước chứa trong 1 m^3 không khí.

– Độ ẩm cực đại A là khối lượng tính ra gam của lượng hơi nước bão hoà chứa trong 1 m^3 không khí.

– Độ ẩm tỉ đối f, đo bằng tỉ số $f = \frac{a}{A}$.

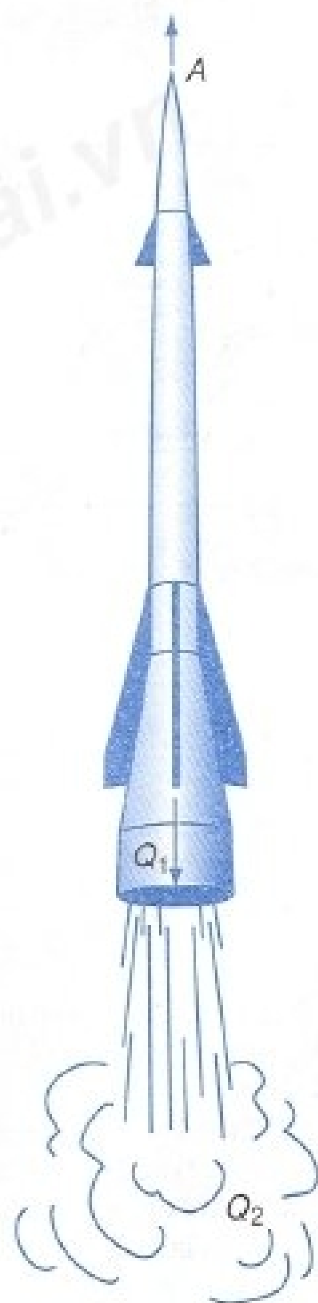
* Đo độ ẩm của không khí bằng *ẩm kế*. Có hai loại ẩm kế thông dụng : *ẩm kế tóc* và *ẩm kế khô – ướt*.

CHƯƠNG VIII

Cơ sở của nhiệt động lực học



Tên lửa (trưng bày trong bảo tàng Phòng không không quân)



Trong chương này ta sẽ khảo sát :

- Nội năng và hai cách làm biến đổi nội năng.
- Nguyên lí I nhiệt động lực học và sự vận dụng nguyên lí vào các quá trình của khí lí tưởng, vào một số hiện tượng nhiệt.
- Nguyên tắc hoạt động và cấu tạo của động cơ nhiệt và máy lạnh.
- Nguyên lí II nhiệt động lực học (phát biểu và ý nghĩa).

58 NGUYÊN LÍ I NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC



Jun
(James Prescott Joule, 1818 – 1889, nhà vật lí người Anh)

Nhiệt động lực học ra đời vào khoảng giữa thế kỉ XIX, trong quá trình nghiên cứu các động cơ nhiệt nhằm biến đổi năng lượng có được từ nhiên liệu thành cơ năng. Cơ sở của nhiệt động lực học là hai định luật cơ bản được gọi là *nguyên lí I* và *nguyên lí II* nhiệt động lực học, chúng được khái quát hoá từ những sự kiện thực nghiệm. Sau đây chúng ta lần lượt khảo sát hai nguyên lí này.

1. Nội năng

a) Quan sát

Đun nước trong ấm cho tới khi nước sôi. Hơi nước sôi có thể đẩy nắp ấm lên (Hình 58.1).



Hình 58.1 *Hơi nước sôi đẩy nắp ấm lên*

Chiếc bình xịt nước hoa hoạt động nhờ dòng hơi nén trong bình phun ra.

Trong thí nghiệm về màng xà phòng, ta thấy màng xà phòng đã làm dịch chuyển cạnh di động của khung nhờ lực căng bề mặt (hệ quả của lực tương tác giữa các phân tử chất lỏng).

b) Kết luận

Qua các hiện tượng trên và nhiều hiện tượng tương tự khác ta thấy rằng, các khối chất khi đứng yên có thể sinh công nhờ áp suất gây ra bởi chuyển động của các phân tử và nhờ tương tác giữa các phân tử. Như vậy, các khối chất có năng lượng bên trong. Dạng năng lượng này được gọi là *nội năng*. Vậy :

Nội năng là một dạng năng lượng bên trong của hệ, nó chỉ phụ thuộc vào trạng thái của hệ. Nội năng bao gồm tổng động năng chuyển động nhiệt của các phân tử cấu tạo nên hệ và thế năng tương tác giữa các phân tử đó.

Nội năng được phát hiện và sử dụng vào đời sống và kĩ thuật cách đây hơn 200 năm. Nhà bác học người Pháp Pa-panh (Denis Papin, 1647 – 1712) và nhà bác học người Anh Oát là những người đầu tiên tìm ra cách làm biến đổi nội năng thành cơ năng.

c) **Nội năng phụ thuộc vào nhiệt độ và thể tích**

Khi nhiệt độ thay đổi thì động năng của các phân tử cấu tạo nên vật thay đổi, mà động năng của phân tử là thành phần của nội năng, do đó nội năng phụ thuộc vào nhiệt độ của vật.

Khi thể tích thay đổi thì khoảng cách giữa các phân tử cấu tạo nên vật thay đổi, làm cho thế năng tương tác giữa chúng thay đổi. Vì thế năng tương tác giữa các phân tử là thành phần của nội năng, nên nội năng còn phụ thuộc vào thể tích của vật.

Ta có thể viết :

$$U = f(T, V)$$

2. Hai cách làm biến đổi nội năng

Vì nội năng phụ thuộc nhiệt độ và thể tích của hệ nên nếu ta làm thay đổi nhiệt độ hoặc thể tích của hệ thì nội năng thay đổi. Sau đây là hai cách làm biến đổi nội năng.

a) **Thực hiện công**

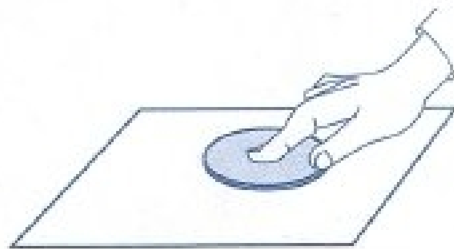
Khi bơm xe đạp bằng bơm tay, ta thấy bơm bị nóng lên. Điều đó chứng tỏ không khí trong bơm đã nóng lên, nghĩa là nội năng của không khí đã biến thiên do ta thực hiện công.

Nếu ta cọ xát một miếng kim loại trên mặt bàn, ta thấy miếng kim loại nóng lên. Đó cũng là cách làm biến đổi nội năng của miếng kim loại bằng thực hiện công (Hình 58.2).

Các ví dụ trên cho ta thấy rằng ***nội năng bị biến đổi do thực hiện công***.

b) **Truyền nhiệt lượng**

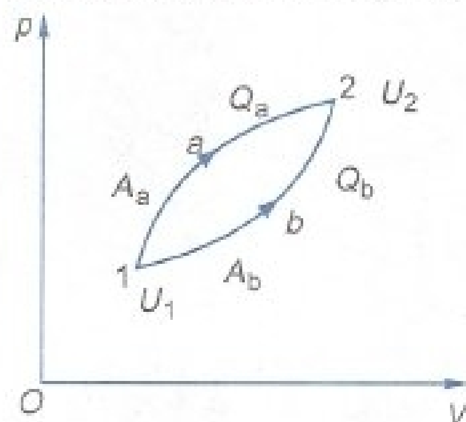
Ta cũng có thể làm cho không khí trong bơm nóng lên bằng cách hơ nóng thân bơm và làm cho



Hình 58.2 Làm nóng miếng kim loại bằng ma sát

C1 Hãy kể thêm các trường hợp làm biến đổi nội năng bằng thực hiện công.

Giả sử hệ được chuyển từ trạng thái 1 (gọi là trạng thái đầu) sang trạng thái 2 (gọi là trạng thái cuối) bằng những quá trình khác nhau, kí hiệu là 1a2 và 1b2. Mặc dù nhiệt lượng Q và công A mà hệ nhận vào ở các quá trình đó không giống nhau nhưng tổng đại số $Q + A$ của mỗi quá trình lại bằng nhau và bằng độ biến thiên nội năng $\Delta U = U_2 - U_1$.



Hình 58.3

Khí được chuyển từ 1 đến 2 bằng hai quá trình khác nhau, trong đó $Q_a \neq Q_b$ và $A_a \neq A_b$ nhưng $Q_a + A_a = Q_b + A_b$

miếng kim loại nóng lên bằng cách thả nó vào nước nóng. Khi đó nội năng của không khí hay miếng kim loại tăng lên không do thực hiện công mà do *truyền nhiệt lượng*.

c) Sự tương đương giữa công và nhiệt lượng

Vì sự thực hiện công và truyền nhiệt lượng đều là những cách làm biến đổi nội năng nên chúng tương đương nhau.

3. Nguyên lí I nhiệt động lực học

Nguyên lí I nhiệt động lực học là sự vận dụng định luật bảo toàn và chuyển hoá năng lượng vào các hiện tượng nhiệt.

Xét một hệ có trao đổi công và nhiệt lượng với các vật ngoài, được chuyển từ trạng thái 1 sang trạng thái 2 (biểu diễn trên đồ thị $p - V$ ở Hình 58.3). Kí hiệu ΔU là độ biến thiên nội năng của hệ :

$$\Delta U = U_2 - U_1$$

trong đó U_1 là nội năng ở trạng thái đầu, U_2 là nội năng ở trạng thái cuối.

Theo định luật bảo toàn năng lượng, nội năng của hệ tăng một lượng ΔU thì các vật khác phải mất một lượng năng lượng đúng bằng như thế, lượng năng lượng ấy được đo bằng nhiệt lượng Q và công A mà hệ nhận được :

$$\Delta U = Q + A \qquad (58.1)$$

trong đó : ΔU là độ biến thiên nội năng của hệ,

Q và A là các giá trị đại số.

– Nếu $Q > 0$, hệ nhận nhiệt lượng

– Nếu $Q < 0$, hệ nhả nhiệt lượng $|Q|$

– Nếu $A > 0$, hệ nhận công

– Nếu $A < 0$, hệ sinh công $|A|$.

Phương trình (58.1) là biểu thị toán học của *nguyên lí I* nhiệt động lực học. Nó được phát biểu như sau :

Độ biến thiên nội năng của hệ bằng tổng đại số nhiệt lượng và công mà hệ nhận được.

Có thể biến đổi phương trình (58.1) sang dạng sau :

$$Q = \Delta U - A \qquad (58.2)$$

Như vậy : ***Nhiệt lượng truyền cho hệ làm tăng nội năng của hệ và biến thành công mà hệ sinh ra.***

Trong phương trình (58.2) thì $(-A)$ là công mà hệ sinh ra cho bên ngoài.

Ở đây, ta trình bày nguyên lí I như là hệ quả của định luật bảo toàn và chuyển hoá năng lượng, song thực ra nguyên lí I là một sự khái quát hoá các kết quả thực nghiệm. Chính vì vậy nó mới được gọi là *nguyên lí*. Nguyên lí này đóng góp vào sự hình thành định luật bảo toàn và chuyển hoá năng lượng.

CÂU HỎI

1. Nội năng là gì ? Nó phụ thuộc những thông số nào của hệ ? Nêu hai cách làm biến đổi nội năng ?
2. Nêu ý nghĩa của thí nghiệm Jun.
3. Tại sao có thể nói rằng nguyên lí I nhiệt động lực học là sự vận dụng định luật bảo toàn và chuyển hoá năng lượng vào các hiện tượng nhiệt ?

BÀI TẬP

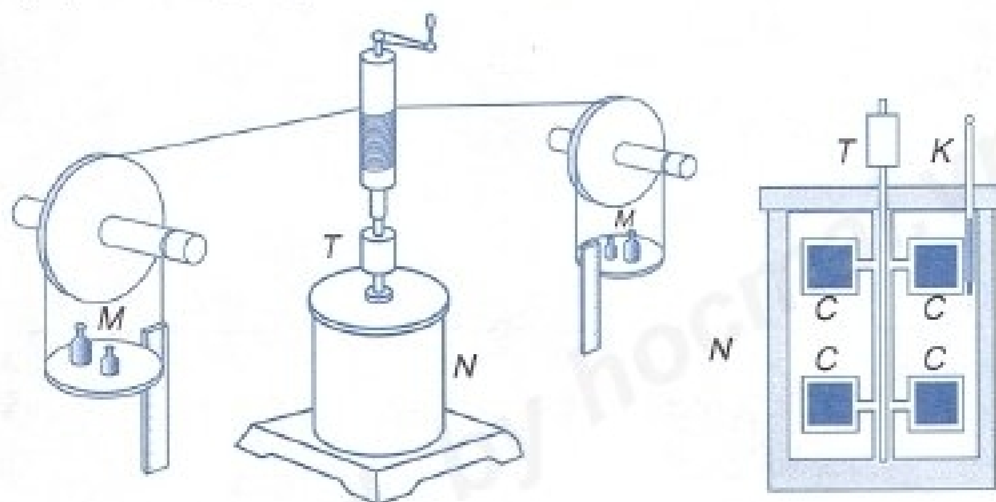
1. Một người có khối lượng 60 kg nhảy từ cầu nhảy ở độ cao 5 m xuống một bể bơi. Tính độ biến thiên nội năng của nước trong bể bơi. Bỏ qua các hao phí năng lượng thoát ra ngoài khối nước trong bể bơi. Lấy $g = 10$ m/s^2.
2. Một cốc nhôm khối lượng 100 g chứa 300 g nước ở nhiệt độ 20^{0}C. Người ta thả vào cốc nước một chiếc thìa đồng khối lượng 75 g vừa rút ra khỏi nồi nước sôi ở 100^{0}C. Xác định nhiệt độ của nước trong cốc khi có sự cân bằng nhiệt. Bỏ qua các hao phí nhiệt ra ngoài. Nhiệt dung riêng của nhôm là 880 J/kg.độ, của đồng là 380 J/kg.độ và của nước là 4,19.10^3 J/kg.độ.
3. Người ta cọ xát một miếng sắt dẹt khối lượng 100 g trên một tấm gỗ. Sau một lát thì thấy miếng sắt nóng lên thêm 12^{0}C. Hỏi người ta đã tốn một công là bao nhiêu để thắng ma sát, giả sử rằng 40% công đó được dùng để làm nóng miếng sắt ? Cho biết nhiệt dung riêng của sắt là 460 J/kg.độ.

Em có biết ?

THÍ NGHIỆM CỦA JUN VỀ SỰ TƯƠNG ĐƯƠNG GIỮA CÔNG VÀ NHIỆT LƯỢNG

Theo lịch sử vật lí thì con người đã phải mất khá nhiều thời gian mới phát hiện ra sự tương đương giữa công và nhiệt lượng. Vào nửa đầu thế kỉ XIX nhiều nhà bác học vật lí, trong đó có nhà bác học người Anh Jun đã tiến hành nhiều thí nghiệm để chứng minh sự tương đương nói trên và để tìm ra một hệ thức định lượng giữa chúng. Trước đó, công và nhiệt lượng được đo bằng những đơn vị khác nhau. Nhiệt lượng được đo bằng đơn vị *calo*. **Calo là nhiệt lượng phải cung cấp cho 1 gam nước để tăng nhiệt độ của nó lên 1°C.**

Trong khoảng thời gian từ 1840 – 1849, Jun đã làm nhiều thí nghiệm và năm 1849 ông đã làm thí nghiệm nổi tiếng được mô tả ở Hình 58.4.



Hình 58.4 Thí nghiệm của Jun

Nhiệt lượng kế *N* đựng chất lỏng. Một trục *T* có gắn các cánh *C* được nhúng thẳng đứng vào chất lỏng trong nhiệt lượng kế. Các vật *M* khi rơi thực hiện công làm quay trục *T* và các cánh *C*. Ma sát giữa các cánh *C* với chất lỏng làm cho chất lỏng nóng lên. Nhiệt kế *K* cho phép theo dõi nhiệt độ của nhiệt lượng kế.

Đo nhiều lần, Jun thấy rằng một công *A* xác định bao giờ cũng tương đương với một nhiệt lượng *Q* xác định.

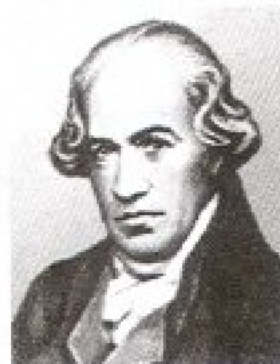
Sau đó ông đã rút ra một hệ thức tương đương giữa công và nhiệt, nhờ đó người ta có thể chuyển đổi qua lại các kết quả đo theo đơn vị calo hay đơn vị công.

Ngày nay trong hệ SI người ta dùng đơn vị jun để đo công và nhiệt lượng. Đương lượng công của nhiệt là :

1 calo = 4,1868 jun

59 ÁP DỤNG NGUYÊN LÍ I NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC CHO KHÍ LÍ TƯỞNG

Các khí và hơi thường có mặt trong các quá trình kĩ thuật. Mặt khác khi nghiên cứu khí hoặc hơi người ta hay dùng mô hình khí lí tưởng. Do đó ở mục này chúng ta sẽ áp dụng nguyên lí thứ nhất của nhiệt động lực học cho một số quá trình của khí lí tưởng.



Oát
(James Watt, 1736 - 1819, kĩ sư người Anh)

1. Nội năng và công của khí lí tưởng

a) Nội năng của khí lí tưởng

Đối với khí lí tưởng người ta bỏ qua tương tác giữa các phân tử lúc không va chạm, nên cũng bỏ qua thế năng tương tác giữa chúng, do đó **nội năng của khí lí tưởng chỉ bao gồm tổng động năng của chuyển động hỗn loạn của phân tử có trong khí đó.** Như vậy nội năng của khí lí tưởng chỉ còn phụ thuộc nhiệt độ của khí, nghĩa là :

$$U = f(T)$$

b) Công thức tính công

Giả sử trong xilanh, dưới pit-tông diện tích S có một lượng khí không đổi (Hình 59.1). Người ta làm nóng khí để lượng khí dãn, đẩy pit-tông dịch chuyển lên cao một đoạn Δh.

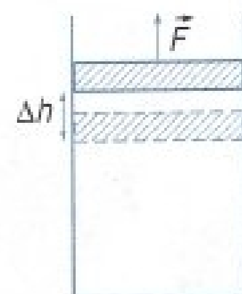
Trong quá trình dãn này, áp suất p của khí không đổi, vì nó luôn cân bằng với áp suất khí quyển bên ngoài cộng với áp suất gây bởi trọng lượng của pit-tông đè lên khí. Khi đó, áp lực $\vec{F}$ của khí tác dụng lên pit-tông đã thực hiện một công $\Delta A'$ tính như sau :

$$\Delta A' = F.\Delta h = pS.\Delta h$$

vì $S\Delta h = \Delta V$, là độ tăng thể tích, nên:

$$\Delta A' = p\Delta V \qquad (59.1)$$

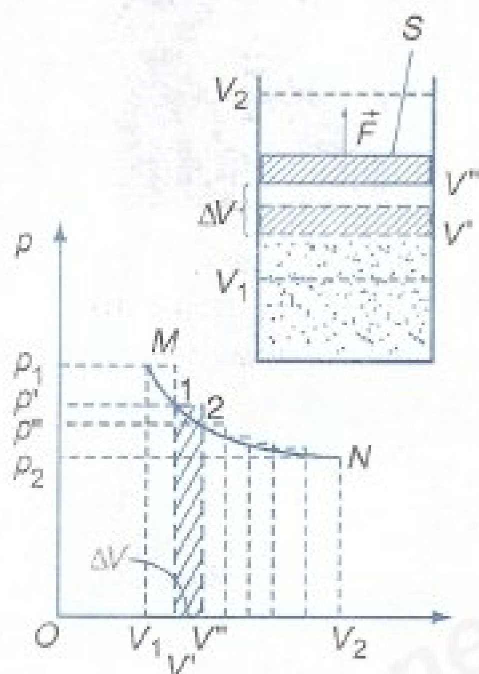
$\Delta A'$ là công mà khí sinh ra. Một cách khác, ta có thể nói khí nhận được một công $-\Delta A = \Delta A'$.



Hình 59.1 Khí dãn sinh công

c) Biểu thị công trên hệ toạ độ p–V

Trong chương VI, chúng ta đã quen biểu diễn các quá trình của khí lí tưởng trên hệ toạ độ p–V, bây giờ ta xét xem công được biểu thị trên hệ toạ độ này như thế nào ? Giả sử ta khảo sát một quá trình dãn của một lượng khí trong xilanh (Hình 59.2). Trong quá trình dãn này, thể tích của khí tăng từ V_1 đến V_2, còn áp suất thì giảm từ p_1 đến p_2 và quá trình được biểu diễn bằng đoạn đường cong MN.



Hình 59.2 Biểu thị công trên hệ toạ độ p–V

Bây giờ ta xét một quá trình rất nhỏ trung gian, ở đó thể tích khí tăng một lượng rất nhỏ $\Delta V = V'' - V'$, còn áp suất thì biến thiên từ p' đến p''. Theo công thức (59.1) ở trên, ta có thể viết công trong quá trình rất nhỏ này là:

$$\Delta A_1' = p'(V'' - V') = p'\Delta V$$

nếu coi áp suất của khí trong quá trình rất nhỏ này là không đổi, với giá trị lúc đầu p', hoặc là :

$$\Delta A_2' = p''(V'' - V') = p''\Delta V$$

nếu coi áp suất của khí là không đổi, với giá trị lúc sau p''.

Bây giờ ta tính trung bình cộng của hai công nói trên, ta được:

$$\Delta A' = \frac{\Delta A_1' + \Delta A_2'}{2} = \Delta V\left(\frac{p' + p''}{2}\right)$$

Đó chính là diện tích hình thang $12V''V'$ với hai đáy là p' và p'' còn chiều cao là ΔV. Trong đó đoạn chéo 12 gần như trùng với đoạn cong 12 của đường cong MN. Như vậy công $\Delta A'$ được biểu thị bằng hình thang nằm bên dưới đoạn đường biểu diễn 12 (Hình 59.2).

Diện tích hình thang này gần đúng bằng diện tích hình thang cong giới hạn bởi đường cong MN, trục hoành và hai đường song song với trục tung ứng với các giá trị V' và V''. Nếu ΔV càng bé thì hai

diện tích của hai hình thang nói trên càng gần bằng nhau hơn.

Từ các lập luận như trên, ta có thể suy ra rằng : *Diện tích hình thang cong MNV_2V_1M biểu thị công mà lượng khí sinh ra trong toàn bộ quá trình MN*, vì diện tích này là tổng các diện tích hình thang rất nhỏ mà chúng ta vừa khảo sát ở trên.

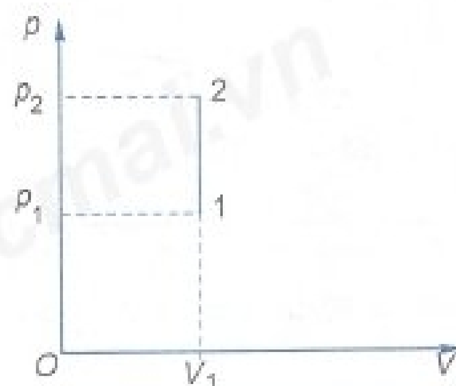
Suy luận trên được chứng minh chính xác bằng toán học, song phải dùng đến một số kiến thức thuộc chương trình lớp 12.

2. Áp dụng nguyên lí I cho các quá trình của khí lí tưởng

Trong chương VI ta đã nghiên cứu các quá trình đẳng tích, đẳng áp, đẳng nhiệt của khí lí tưởng. Bây giờ ta áp dụng nguyên lí I cho các quá trình đó.

a) Quá trình đẳng tích

Trong hệ toạ độ $p - V$, quá trình này được biểu diễn bằng một đoạn thẳng song song với trục Op (Hình 59.3).



Hình 59.3 Quá trình đẳng tích

Trong quá trình này $\Delta V = 0$ nên $A = 0$, do đó biểu thức của nguyên lí I có dạng

$$Q = \Delta U \qquad (59.2)$$

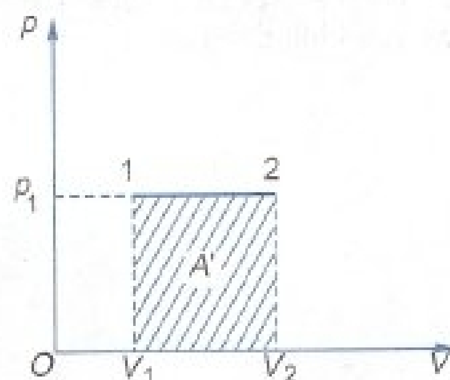
Vậy ***trong quá trình đẳng tích, nhiệt lượng mà khí nhận được chỉ dùng để làm tăng nội năng của khí.***

Ví dụ về quá trình đẳng tích : nung nóng một lượng khí đựng trong một thể tích không đổi.

C1 Tìm mối liên hệ giữa dấu của công A' với chiều diễn biến của quá trình đẳng áp.

b) Quá trình đẳng áp

Trong hệ toạ độ $p - V$, quá trình này được biểu diễn bằng một đoạn thẳng song song với trục OV (Hình 59.4).



Hình 59.4 Công trong quá trình đẳng áp

Ở đây $\Delta V \neq 0$ nên $A \neq 0$ và $Q = \Delta U - A$, trong đó $A = -A' = -p(V_2 - V_1)$; với $V_2 > V_1$

A' là công mà khí sinh ra, do đó : $Q = \Delta U + A'$



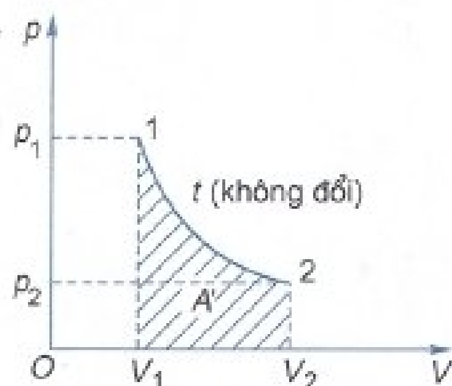
Hình 59.5 Ví dụ thực tế của quá trình đẳng áp

Vậy ***trong quá trình đẳng áp, một phần nhiệt lượng mà khí nhận vào được dùng để làm tăng nội năng của khí, phần còn lại biến thành công mà khí sinh ra.***

Ví dụ về quá trình đẳng áp : Nung nóng một lượng khí chứa trong xilanh có pit-tông đóng kín. Pit-tông này có thể dịch chuyển không ma sát trong xilanh (Hình 59.5).

c) Quá trình đẳng nhiệt

Trong hệ toạ độ $p - V$, quá trình đẳng nhiệt được biểu diễn bằng một cung đường cong hypebol (Hình 59.6). Ta có thể hình dung quá trình này xảy ra khi một lượng khí chứa trong xilanh được đóng kín bằng một pit-tông di động. Người ta cung cấp nhiệt cho khí, làm khí dãn ra sinh công nhưng nhiệt độ vẫn không đổi.



Hình 59.6 Công trong quá trình đẳng nhiệt

Vì nội năng của khí lí tưởng chỉ phụ thuộc nhiệt độ, mà nhiệt độ trong quá trình đẳng nhiệt lại không đổi nên $\Delta U = 0$. Do đó phương trình của nguyên lí thứ nhất $Q = \Delta U - A$ đối với quá trình đẳng nhiệt trở thành :

$$Q = -A \qquad (59.3)$$

trong đó $A \neq 0$; vì diện tích biểu thị công của quá trình là khác 0.

Vậy khí sinh công nếu $V_2 > V_1$. Thay $-A = A'$, ta có $Q = A'$.

Vậy ***trong quá trình đẳng nhiệt, toàn bộ nhiệt lượng mà khí nhận được chuyển hết sang công mà khí sinh ra.***

Ví dụ về quá trình đẳng nhiệt : Một lượng khí trong xilanh nhận nhiệt và dãn từ áp suất cao đến áp suất thấp hơn trong khi nhiệt độ của khí không đổi.

C2 Tìm mối liên hệ giữa dấu của công A' với chiều diễn biến của quá trình đẳng nhiệt.

d) Chu trình

Chu trình là một quá trình mà trạng thái cuối của nó trùng với trạng thái đầu (Hình 59.7). Xét một lượng khí thực hiện một chu trình gồm một quá trình dãn khí $a1b$ và tiếp theo là một quá trình nén khí $b2a$. Công A_1 mà khí nhận được trong quá trình dãn khí biểu thị bởi diện tích S_1 của hình thang cong $a1bV_bV_aa$. Công này âm vì trong quá trình $a1b$ khí dãn sinh công, nên $A_1 = -S_1$.

Công A_2 mà khí nhận được trong quá trình nén khí được biểu thị bằng diện tích S_2 của hình thang cong $b2aV_aV_bb$. Công này dương vì khí nhận công khi bị nén, nên $A_2 = S_2$.

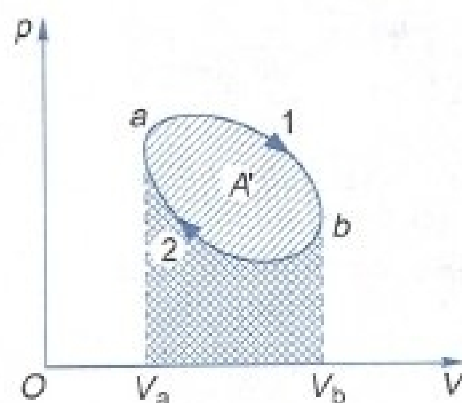
Công A mà khí nhận được trong toàn bộ chu trình là tổng đại số của hai công trên, ta viết :

$A = A_1 + A_2 = -S_1 + S_2 < 0$ vì $S_1 > S_2$

Kí hiệu S là diện tích giới hạn bởi đường cong khép kín biểu diễn chu trình, ta có : $S = S_1 - S_2$.

Như vậy $A = -S_1 + S_2 = -S < 0$, nghĩa là khí sinh công S.

Sau khi thực hiện chu trình, khí trở về trạng thái ban đầu a. Biến thiên nội năng $\Delta U = 0$ nên phương trình của nguyên lí I đối với chu trình là : $Q + A = 0$ tức là $Q = -A = S$, trong đó Q là tổng đại số của nhiệt lượng mà hệ nhận được trong chu trình



Hình 59.7 Công thực hiện trong chu trình

Vậy : ***Tổng đại số nhiệt lượng mà hệ nhận được trong cả chu trình chuyển hết sang công mà hệ sinh ra trong chu trình đó.***

Q là tổng đại số nhiệt lượng mà hệ nhận trong chu trình. Nếu gọi Q_1 là nhiệt lượng mà hệ nhận được trong quá trình $a1b$ và $-Q_2$ là nhiệt lượng mà hệ nhả ra trong quá trình $b2a$ thì $Q = Q_1 + (-Q_2) = Q_1 - Q_2$.

C2 Tìm mối liên hệ giữa dấu của công A' do khí sinh ra với chiều diễn biến của chu trình.

3. Bài tập vận dụng

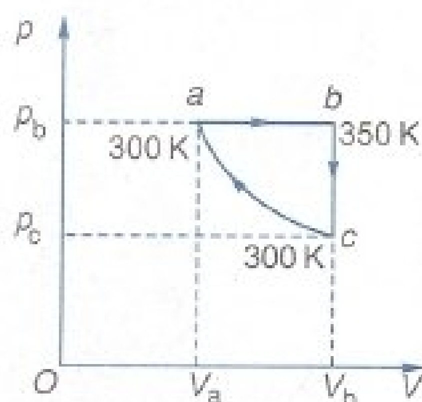
Có 1,4 mol chất khí lí tưởng ở nhiệt độ 300 K. Đun nóng khí đẳng áp đến nhiệt độ 350 K, nhiệt lượng cung cấp cho khí trong quá trình này là 1 000 J. Sau đó khí được làm lạnh đẳng tích đến nhiệt độ bằng nhiệt độ ban đầu và cuối cùng khí được đưa trở về trạng thái đầu bằng quá trình nén đẳng nhiệt.

a) Vẽ đồ thị của chu trình đã cho trong hệ toạ độ $p - V$.

b) Tính công A' mà khí thực hiện trong quá trình đẳng áp.

c) Tính độ biến thiên nội năng của khí ở mỗi quá trình của chu trình.

d) Tính nhiệt lượng mà khí nhận được trong quá trình đẳng tích.



Hình 59.8 Chu trình mà khí thực hiện

Bài giải

a) Xem Hình 59.8 :

ab là quá trình đẳng áp,

bc là quá trình đẳng tích,

ca là quá trình đẳng nhiệt.

b) Tính công mà khí thực hiện trong quá trình đẳng áp :

Áp dụng công thức tính công ta được

$$A' = p_a \Delta V$$

Để tìm $\Delta V = V_b - V_a$ ta viết phương trình trạng thái cho a và b :

$$p_a V_a = \nu R T_a$$
$$p_b V_b = \nu R T_b$$

Trừ vế với vế của hai phương trình trên (chú ý là $p_a = p_b$), ta được :

$$p_a(V_b - V_a) = \nu R(T_b - T_a)$$

Vậy $$A' = \nu R(T_b - T_a)$$

Thay các trị số vào ta được

$$A' = 1{,}4.8{,}31.(350 - 300) = 581{,}7 \text{ J}$$

c) Bây giờ ta tính biến thiên nội năng của mỗi quá trình. Áp dụng nguyên lí I cho quá trình đẳng áp *ab* :

$$\Delta U = Q + A = Q - A' = 1\,000 - 581{,}7 = 418{,}3 \text{ J}$$

Đối với quá trình đẳng tích *bc* thì nội năng ở trạng thái c bằng nội năng ở trạng thái a, do nhiệt độ của chúng bằng nhau và do nội năng của khí lí tưởng chỉ phụ thuộc nhiệt độ. Vì khí lạnh đi nên nội năng giảm, mặt khác $A = 0$ (do quá trình là đẳng tích). Vậy độ biến thiên nội năng trong quá trình đẳng tích *bc* là $\Delta U = -418{,}3$ J.

Trong quá trình đẳng nhiệt *ca* thì $\Delta U = 0$.

d) Áp dụng nguyên lí I cho quá trình đẳng tích *bc*, ta viết :

$$\Delta U = Q + A \text{ ; ở đây } A = 0 \text{ còn } \Delta U = -418{,}3 \text{ J}$$

Nhiệt lượng nhận được trong quá trình đẳng tích là :

$$Q = -418{,}3 \text{ J.}$$

Như vậy khí nhả ra nhiệt lượng 418,3 J.

CÂU HỎI

1. Nội năng của khí lí tưởng là gì ? Nó phụ thuộc vào những đại lượng nào ?
2. Viết công thức tính công của khí lí tưởng. Các đại lượng tham gia vào công thức là của khí hay là của các vật ngoài ?
3. Viết phương trình của nguyên lí thứ nhất cho các quá trình đẳng tích, đẳng áp, đẳng nhiệt và chu trình.

BÀI TẬP

1. Một lượng khí được dãn từ thể tích V_1 đến thể tích V_2 ($V_2 > V_1$). Trong quá trình nào lượng khí thực hiện công *ít nhất* ?

   A. Trong quá trình dãn đẳng áp.

   B. Trong quá trình dãn đẳng nhiệt.

   C. Trong quá trình dãn đẳng áp rồi đẳng nhiệt.

   D. Trong quá trình dãn đẳng nhiệt rồi đẳng áp.

2. Một lượng khí không đổi ở trạng thái 1 có thể tích V_1, áp suất p_1, dãn đẳng nhiệt đến trạng thái 2 có thể tích $V_2 = 2V_1$ và áp suất $p_2 = \frac{p_1}{2}$. Sau đó dãn đẳng áp sang trạng thái 3 có thể tích $V_3 = 3V_1$.

   Vẽ đồ thị biểu diễn các quá trình trên. Dùng đồ thị để so sánh công của khí trong các quá trình trên.

3. Một lượng khí lí tưởng có thể tích V_1 = 1 lít và áp suất p_1= 1 at được dãn đẳng nhiệt tới khi thể tích đạt giá trị V_2 = 2 lít. Sau đó người ta làm lạnh khí, áp suất của khí giảm đi một nửa, còn thể tích thì không đổi. Cuối cùng khí dãn đẳng áp tới khi thể tích đạt giá trị V_3 = 4 lít.

   Vẽ đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của p vào V và dùng đồ thị để so sánh công trong các quá trình trên.

4. Lấy 2,5 mol một chất khí lí tưởng ở nhiệt độ 300 K. Nung nóng đẳng áp lượng khí này cho đến khi thể tích của nó bằng 1,5 lần thể tích lúc đầu. Nhiệt lượng cung cấp cho khí trong quá trình này là 11,04 kJ. Tính công mà khí thực hiện và độ tăng nội năng.

60 NGUYÊN TẮC HOẠT ĐỘNG CỦA ĐỘNG CƠ NHIỆT VÀ MÁY LẠNH NGUYÊN LÍ II NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

Ngày nay trong cuộc sống của chúng ta không thể thiếu các động cơ nhiệt và máy lạnh. Chúng được dùng trong sản xuất, trong đời sống hàng ngày. Vậy động cơ nhiệt là gì ? Máy lạnh là gì ? Nguyên tắc hoạt động của chúng ra sao ?



Các-nô
(Sadi Carnot, 1796 - 1832, kĩ sư và nhà vật lí người Pháp)

1. Động cơ nhiệt

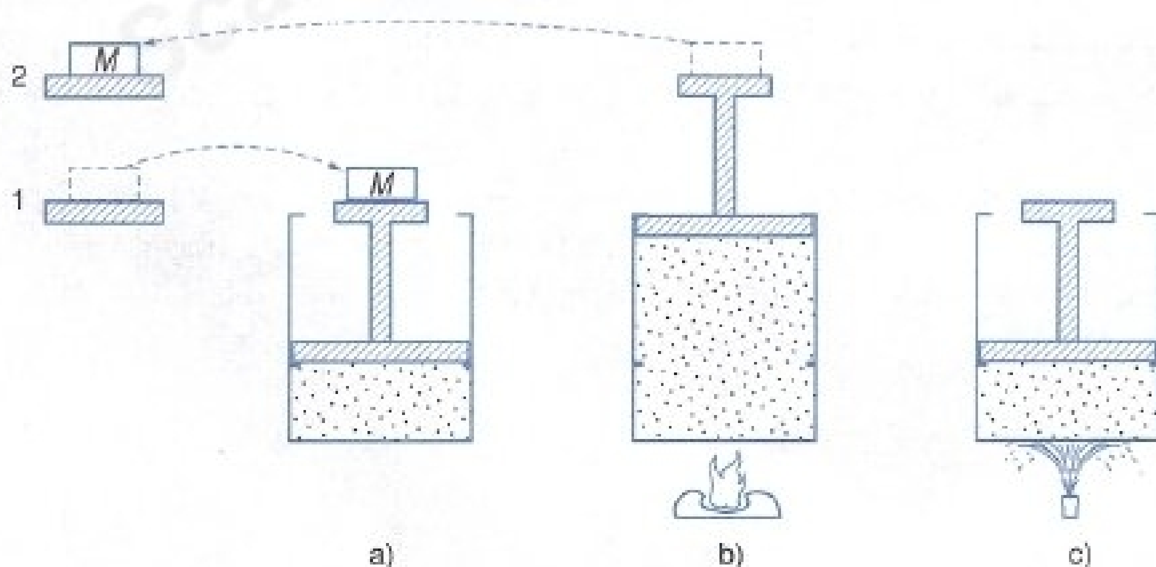
Động cơ nhiệt là thiết bị biến đổi nhiệt lượng sang công.

a) Nguyên tắc hoạt động của động cơ nhiệt

Ta có thể hình dung nguyên tắc hoạt động của động cơ nhiệt qua một ví dụ đơn giản sau đây.

Để nâng một vật nặng M từ vị trí 1 lên vị trí 2, ta dùng một động cơ nhiệt được thiết kế và vận hành như sau.

Động cơ gồm có một xilanh chứa một lượng khí coi là khí lí tưởng, đóng kín bằng một pit-tông có trọng lượng không đáng kể, dịch chuyển không có ma sát bên trong xilanh (Hình 60.1a).



Hình 60.1

Thành của xilanh cách nhiệt, đáy thì dẫn nhiệt. Mặt trong thành xilanh có những mấu trên và dưới để giới hạn sự dịch chuyển của pit-tông. Một vật nặng đặt trên giá gắn vào pit-tông.

Ta phải đốt nóng khí để tăng áp lực của khí đủ để đẩy pit-tông nâng vật nặng (Hình 60.1b). Đến đây, việc nâng vật nặng đã được thực hiện, song chẳng lẽ động cơ chỉ được dùng một lần rồi thôi ? Để động cơ tiếp tục làm việc thì phải đưa khí trở về trạng thái đầu. Song, nén khí ở áp suất cao thì phải tốn một công ít nhất là bằng công mà khí sinh ra. Như vậy ta chẳng có lợi gì về công cả. Để giảm công nén thì phải giảm áp suất của khí bằng cách giảm nhiệt độ, chẳng hạn phun nước lạnh vào đáy xilanh (Hình 60.1c).

Đến đây khí đã thực hiện được một chu trình. Bây giờ ta sẽ khảo sát công thực hiện và nhiệt lượng trao đổi trong chu trình này. Để tránh các rắc rối gây ra bởi các giá trị đại số của công và nhiệt lượng, dưới đây ta sẽ nói rõ khí nhận nhiệt lượng hay nhả nhiệt lượng (kí hiệu Q chỉ là một trị số số học), khí nhận công hay sinh công (kí hiệu A chỉ là một trị số số học).

Trong chu trình của động cơ nhiệt mô tả ở trên, khí nhận Q_1 trong quá trình được đốt nóng và nhả nhiệt lượng Q_2 trong quá trình được làm lạnh. Đồng thời khí sinh được một công là A.

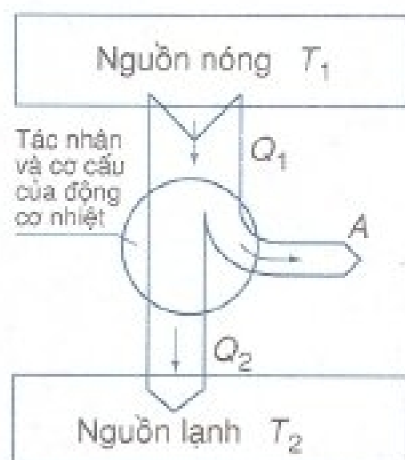
Trên đây là một ví dụ rất đơn giản về động cơ nhiệt, song nó cũng nói lên được những điểm chính về nguyên tắc hoạt động của động cơ nhiệt.

Mỗi động cơ nhiệt bao giờ cũng có ba bộ phận cấu thành sau đây :

– Một *nguồn nóng* để cung cấp nhiệt lượng. Trong ví dụ trên thì đó là nguồn đốt nóng khí.

– Một *nguồn lạnh* để thu nhiệt lượng mà động cơ toả ra. Trong ví dụ trên thì đó là nguồn nước lạnh phun vào đáy xilanh.

– Một vật trung gian đóng vai trò nhận nhiệt, sinh công và toả nhiệt được gọi là *tác nhân*, cùng với các thiết bị phát động. Trong ví dụ trên thì đó là khí cùng với xilanh và pit-tông.



Hình 60.2 *Nguyên tắc hoạt động của động cơ nhiệt*

C1 Hiệu suất của động cơ nhiệt có thể lớn hơn 1 hay không ?



Sân băng nhân tạo

C2 Máy điều hoà nhiệt độ có phải là một máy lạnh hay không ?

Nguyên tắc hoạt động của động cơ nhiệt như sau :

Tác nhân nhận nhiệt lượng Q_1 từ nguồn nóng biến một phần thành công A và toả phần nhiệt lượng còn lại Q_2 cho nguồn lạnh.

Nguyên tắc hoạt động này được biểu thị bằng sơ đồ vẽ ở Hình 60.2.

b) Hiệu suất của động cơ nhiệt

Mục đích của động cơ nhiệt là biến đổi nhiệt lượng thành công, vậy một động cơ nhiệt càng tốt nếu nó càng biến đổi được một tỉ lệ càng lớn của nhiệt lượng Q_1 nhận từ nguồn nóng sang công A sinh ra cho vật ngoài.

Do đó hiệu suất H của động cơ nhiệt được xác định bằng tỉ số giữa công A sinh ra với nhiệt lượng Q_1 nhận từ nguồn nóng, nghĩa là :

$$H = \frac{A}{Q_1} \qquad (60.1)$$

Nếu gọi Q_2 là nhiệt lượng mà tác nhân truyền cho nguồn lạnh thì :

$$A = Q_1 - Q_2 \qquad (60.2)$$

Do đó

$$H = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \qquad (60.3)$$

Hiệu suất của các động cơ nhiệt thực tế nằm trong khoảng 25% – 45%.

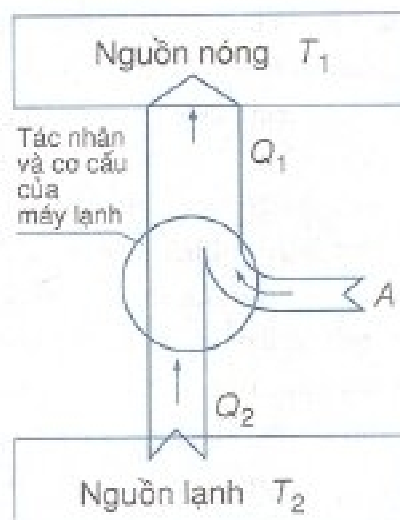
2. Máy lạnh

Ngày nay trong công nghiệp thực phẩm, hoạt động y tế, sinh hoạt của mỗi gia đình, đều cần đến một loại máy gọi là *máy lạnh*. Máy này làm giảm nhiệt độ ở buồng lạnh để bảo quản thực phẩm, hạn chế hoạt động của các vi khuẩn, phục vụ nghiên cứu khoa học.

a) Nguyên tắc hoạt động của máy lạnh

Máy lạnh là một thiết bị dùng để lấy nhiệt từ một vật này truyền sang vật khác nóng hơn nhờ nhận công từ các vật ngoài.

Sơ đồ nguyên tắc hoạt động của máy lạnh được vẽ ở Hình 60.3, trong đó vật cung nhiệt là nguồn lạnh, vật nhận nhiệt là nguồn nóng và vật trung gian được gọi là tác nhân, nó nhận công từ ngoài.

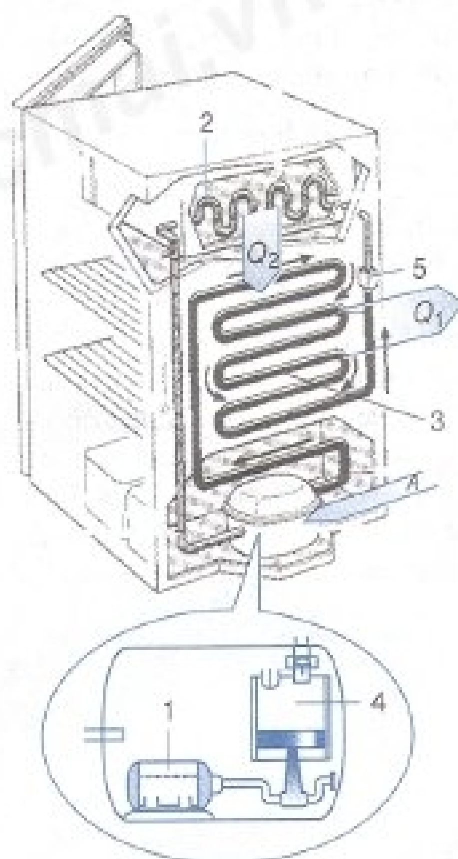


Hình 60.3 Nguyên tắc hoạt động của máy lạnh

Hình 60.4 cho ta biết sơ đồ cấu tạo của một loại tủ lạnh gia đình, đó là một loại máy lạnh thông dụng. Tác nhân là một môi chất lỏng dễ hoá hơi.

Môi chất bay hơi trong buồng bay hơi 2, nó nhận nhiệt hoá hơi từ các vật tiếp xúc với nó và làm lạnh chúng. Buồng bay hơi chính là nguồn lạnh.

Động cơ điện 1 làm chạy máy bơm 4. Bơm này hút hơi của môi chất vừa bay hơi ở buồng bay hơi 2 và nén hơi này. Hơi bị nén có áp suất cao và nhiệt độ cao, được đẩy đến một dàn ống gọi là dàn ngưng 3. Ở đây hơi được làm mát nhờ các dòng không khí đối lưu đi qua dàn, dòng không khí đối lưu này chính là nguồn nóng nhận nhiệt lượng toả ra từ hơi của môi chất. Hơi nén sau khi được giảm nhiệt độ sẽ ngưng tụ (hoá lỏng) và được đẩy vào buồng bay hơi qua một bộ phận được gọi là van dãn 5, nó có tác dụng giảm nhiệt độ môi chất lỏng. Ở buồng bay hơi, môi chất lỏng lại bay hơi và chu trình được lặp lại như trước.



Hình 60.4 Sơ đồ cấu tạo của tủ lạnh

b) Hiệu năng của máy lạnh

Căn cứ vào mục đích sử dụng máy lạnh thì một máy lạnh càng tốt nếu với cùng một công tiêu thụ A nó lấy được càng nhiều nhiệt lượng Q_2 từ nguồn lạnh. Vì vậy người ta xác định *hiệu năng của máy lạnh* ε (đọc là epxilon) bằng tỉ số giữa Q_2 và A, nghĩa là :

$$\varepsilon = \frac{Q_2}{A} \qquad (60.4)$$

vì $Q_1 = Q_2 + A$, trong đó Q_1 là nhiệt lượng mà tác nhân toả ra cho nguồn nóng nên ta có thể viết :

$$\varepsilon = \frac{Q_2}{A} = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2} \qquad (60.5)$$

C3 Hiệu năng của máy lạnh có thể lớn hơn 1 hay không ?

Ta hãy làm các phép tính sau đây. Nhiệt lượng có thể được khai thác từ nội năng của mọi vật kể cả đại dương và vỏ Trái Đất. Giả sử ta khai thác nhiệt lượng từ nội năng của nước ở Thái Bình Dương. Thái Bình Dương có khoảng 10^{21} kg nước, nếu ta làm nhiệt độ của khối nước này giảm đi 1 K thì ta thu được một nhiệt lượng bằng :

$$Q = mc\Delta t = 10^{21}.4\,200.1 = 4{,}2.10^{24}\text{ J}$$

Hiện nay mức độ tiêu thụ năng lượng của toàn thế giới hàng năm khoảng 3.10^{20} J. Vậy nếu ta có một động cơ nhiệt biến đổi được toàn bộ nhiệt lượng trên thành công cho toàn thế giới sử dụng thì động cơ này hoạt động được trong $\frac{4{,}2.10^{24}}{3.10^{20}} \approx 14\,000$ năm, đó thật là "một động cơ vĩnh cửu" mà người ta gọi là "động cơ vĩnh cửu loại hai" để phân biệt với "động cơ vĩnh cửu loại một", loại động cơ sinh công mà không tiêu thụ năng lượng nào cả. Việc nêu ra động cơ vĩnh cửu loại hai không mâu thuẫn gì với *Định luật bảo toàn và chuyển hoá năng lượng* song không thực hiện được.

Lưu ý rằng hiệu năng của máy lạnh thường có giá trị lớn hơn 1, vì vậy ta tránh dùng thuật ngữ *hiệu suất* mà dùng thuật ngữ *hiệu năng*.

3. Nguyên lí II nhiệt động lực học

Trong quá trình nghiên cứu động cơ nhiệt, người ta luôn luôn đặt ra câu hỏi : Tại sao trong động cơ nhiệt cứ phải có nguồn lạnh và tác nhân không thể biến đổi toàn bộ nhiệt lượng nhận được từ nguồn nóng sang công ? Nếu biến đổi được toàn bộ nhiệt lượng nhận được từ nguồn nóng sang công, thì ta có thể chế tạo được một loại "động cơ vĩnh cửu" (!) vì nguồn nhiệt trong thiên nhiên thì vô cùng nhiều (vỏ Trái Đất, nước biển,...). Loại động cơ vĩnh cửu này được gọi là *động cơ vĩnh cửu loại hai*.

Sự không thực hiện được "động cơ vĩnh cửu loại hai" được khẳng định bằng một nguyên lí gọi là *nguyên lí II nhiệt động lực học*, nó được đúc kết từ những thực nghiệm có liên quan đến những *quá trình không thuận nghịch* trong tự nhiên, đó là *quá trình mà theo đó hệ chuyển từ trạng thái A sang trạng thái B rồi quay trở về trạng thái A thì các vật ngoài chịu những biến đổi nhất định.*

Có một số quá trình được xếp vào các quá trình không thuận nghịch, đó là *những quá trình có một chiều tự diễn biến*, ví dụ như các quá trình dưới đây :

– *Quá trình truyền nhiệt* : Nhiệt tự động truyền từ vật nóng sang vật lạnh hơn, còn chiều ngược lại thì không tự động xảy ra.

Chẳng hạn như một cốc nước nóng để trong phòng thì cốc nước sẽ nguội dần do nhiệt lượng *tự động* truyền từ cốc nước nóng sang không khí trong phòng (có nhiệt độ thấp hơn) cho đến khi nhiệt độ của cốc nước cân bằng với nhiệt độ không khí trong phòng.

Trường hợp ngược lại, nghĩa là nhiệt lượng *tự động* truyền từ không khí trong phòng sang cốc nước nóng để làm cho cốc nước nóng hơn lên, thì chưa bao giờ thấy (!), mặc dầu điều này không vi phạm định luật bảo toàn và chuyển hoá năng lượng.

– Cơ năng có thể tự động chuyển hoá toàn bộ sang nội năng. Chẳng hạn, ta thả rơi một vật rắn vào chậu nước thì cơ năng *tự động* chuyển hoá toàn bộ sang nội năng của nước và vật rắn, còn chiều chuyển hoá ngược lại thì *không tự động* xảy ra vì ta không bao giờ thấy một vật đang ở trong nước lại tự động vọt ra khỏi nước nhờ nhận nhiệt lượng từ nước. Hai quá trình trên có chiều tự diễn biến và chiều diễn biến ngược lại không tự nó xảy ra, song vẫn có thể thực hiện được khi các vật ngoài chịu những biến đổi nhất định.

Chẳng hạn, ta vẫn có thể truyền nhiệt lượng từ một vật sang vật nóng hơn nhờ *máy lạnh*, nhưng lúc đó các vật ngoài chịu những biến đổi nhất định do máy lạnh cần tiêu thụ công từ các vật ngoài (công này do động cơ điện cung cấp để chạy máy bơm của máy lạnh).

Đối với quá trình chuyển hoá cơ năng sang nội năng cũng vậy. Động cơ nhiệt có thể biến đổi nhiệt lượng thành công. Nhưng muốn vậy, các vật ngoài đã chịu những biến đổi nhất định do động cơ nhiệt cần có vật ngoài làm nguồn lạnh để thu nhiệt lượng Q_2 (đó là một phần của Q_1 lấy từ nguồn nóng).

Nguyên lí II nhiệt động lực học được phát biểu bằng nhiều cách tương đương nhau. Sau đây là hai cách phát biểu thường được nhắc đến :

• ***Nhiệt không tự nó truyền từ một vật sang vật nóng hơn.***

• ***Không thể thực hiện được động cơ vĩnh cửu loại hai (nói một cách khác, động cơ nhiệt không thể biến đổi toàn bộ nhiệt lượng nhận được thành ra công).***

Nguyên lí II bổ sung cho nguyên lí I. Nó đề cập đến chiều diễn biến của quá trình, điều mà nguyên lí I chưa đề cập đến.

4. Hiệu suất cực đại của máy nhiệt

Bây giờ ta gọi chung động cơ nhiệt, máy lạnh là các *máy nhiệt*.

Để nâng cao hiệu suất (hay hiệu năng) của máy nhiệt, người ta đã tìm cách cải tiến cơ cấu của các máy cụ thể. Song một vấn đề mới nảy sinh là : Với nguồn nóng T_1 và nguồn lạnh T_2 đã cho thì hiệu suất và hiệu năng của máy nhiệt có bị giới hạn gì không, hoặc nói một cách khác, giá trị cực đại của chúng là bao nhiêu và được xác định như thế nào ?

Nghiên cứu vấn đề trên và căn cứ vào nguyên lí II, người ta đã thấy rằng hiệu suất (hay hiệu năng) của máy nhiệt có giá trị cực đại và có thể tính được các giá trị cực đại này. Cụ thể là *hiệu suất cực đại* H_{max} của động cơ nhiệt được xác định bởi công thức :

$$H_{max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad (60.6)$$

Công thức này diễn tả *định lí Các-nô*. Nó cho biết giới hạn của hiệu suất động cơ nhiệt làm việc giữa nguồn nóng T_1 và nguồn lạnh T_2 đã cho. Đồng thời công thức này cũng chỉ cho ta cách nâng cao hiệu suất của động cơ nhiệt, đó là nâng cao nhiệt độ nguồn nóng T_1 hay hạ thấp nhiệt độ nguồn lạnh T_2, hoặc cả hai.

Hiệu năng cực đại ε_{max} của máy lạnh hoạt động giữa nguồn lạnh T_2 và nguồn nóng T_1 cho bởi công thức :

$$\varepsilon_{max} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} \quad (60.7)$$

CÂU HỎI

1. Động cơ nhiệt là gì ? Vẽ và giải thích sơ đồ nguyên tắc hoạt động của động cơ nhiệt. Hãy cho biết các bộ phận chính của động cơ nhiệt.
2. Máy lạnh là gì ? Vẽ sơ đồ nguyên tắc hoạt động của nó và giải thích.
3. Nêu định nghĩa hiệu suất của động cơ nhiệt và giải thích.
4. Nêu định nghĩa hiệu năng của máy lạnh và giải thích.
5. Hãy cho biết ý nghĩa của định lí Các-nô.
6. Nguyên lí II nhiệt động lực học liên quan đến hiện tượng gì trong tự nhiên ? Mối quan hệ giữa nó với nguyên lí I nhiệt động lực học như thế nào ?

BÀI TẬP

1. Chuyển động nào dưới đây không cần đến sự biến đổi nhiệt lượng sang công ?

   A. Chuyển động quay của đèn kéo quân.

   B. Sự bật lên của nắp ấm nước khi nước trong ấm đang sôi.

   C. Bè trôi theo dòng sông.

   D. Sự bay lên của khí cầu hở nhờ đốt nóng khí bên trong khí cầu.

2. Một động cơ nhiệt làm việc sau một thời gian thì tác nhân đã nhận từ nguồn nóng nhiệt lượng $Q_1 = 1,5.10^6$ J, truyền cho nguồn lạnh nhiệt lượng $Q_2 = 1,2.10^6$ J.

   Hãy tính hiệu suất thực của động cơ nhiệt này và so sánh nó với hiệu suất cực đại nếu nhiệt độ của nguồn nóng và nguồn lạnh lần lượt là 250^oC và 30^oC.

3. Ở một động cơ nhiệt, nhiệt độ của nguồn nóng là 520^oC, của nguồn lạnh là 20^oC. Hỏi công cực đại mà động cơ thực hiện được nếu nó nhận từ nguồn nóng nhiệt lượng 10^7 J ? Công cực đại là công mà động cơ nhiệt sinh ra nếu hiệu suất của nó là cực đại.

4. Để giữ nhiệt độ trong phòng ở 20^oC, người ta dùng một máy lạnh (trong trường hợp này người ta gọi là máy điều hoà không khí) mỗi giờ tiêu thụ công bằng 5.10^6 J.

   Tính nhiệt lượng lấy đi từ không khí trong phòng trong mỗi giờ, biết rằng hiệu năng của máy lạnh là $\varepsilon = 4$.

5. Hiệu suất thực của một máy hơi nước bằng nửa hiệu suất cực đại. Nhiệt độ của hơi khi ra khỏi lò hơi (nguồn nóng) là 227^oC và nhiệt độ của buồng ngưng (nguồn lạnh) là 77^oC. Tính công suất của máy hơi nước này nếu mỗi giờ nó tiêu thụ 700 kg than có năng suất toả nhiệt là 31.10^6 J/kg.

Em có biết ?

MỘT VÀI THÔNG TIN VỀ MÔI CHẤT LẠNH (TÁC NHÂN DÙNG TRONG MÁY LẠNH)

Các môi chất lạnh thường dùng là : amôniac (NH_3), frêôn (kí hiệu là F hoặc R) như F_{12} (CCl_2F_2), F_{22} ($CHClF_2$),... Khi áp suất trong buồng bay hơi là 1 MPa (≈ 9,8 atm) thì nhiệt độ sôi (t_s) của các chất trên là :

NH_3	$t_s = -34^oC$
F_{12}	-30^oC
F_{22}	-40^oC

Amôniac thường được sử dụng trong các máy lạnh công nghiệp (để sản xuất nước đá, làm đông lạnh...). Vì nhiệt hoá hơi của NH_3 lớn, nên nó thích hợp với các máy lạnh công suất lớn.

Các loại frêôn thường được sử dụng trong tủ lạnh, tủ đá,... vì nó không mùi, không độc.

Vào năm 1974 người ta phát hiện ra rằng frêôn phá huỷ tầng ôzôn và gây hiệu ứng nhà kính, nên hiện nay không dùng nữa, mà thay vào đó là các môi chất lạnh ít hại hơn như R134a ($CH_2F - CF_3$) và R152a ($CH_3 - CHF_3$). Người ta dự đoán, vào khoảng năm 2020 các chất trên cũng sẽ được thay thế bằng các môi chất không có hại cho môi trường.

BÀI ĐỌC THÊM

CÁC MÁY NHIỆT VÀ VIỆC BẢO VỆ MÔI TRƯỜNG

1. Sự ô nhiễm môi trường do hoạt động của các máy nhiệt

Hàng ngày các máy nhiệt (động cơ nhiệt, máy lạnh,...) thải ra bầu khí quyển nhiều loại khí độc hại. Bảng sau đây cho biết lượng các tác nhân gây ô nhiễm không khí trên phạm vi toàn thế giới trong năm 1992.

Bảng 1

Nguồn gây ô nhiễm	Tác nhân gây ô nhiễm (đơn vị : triệu tấn)				
	CO_x	Bụi	SO_2	C_nH_n	NO_x
1. Giao thông vận tải					
– Ôtô chạy xăng	53,5	0,5	0,2	13,8	6,0
– Ôtô chạy dầu điêzen	0,2	0,3	0,1	0,4	0,5
– Máy bay	2,4	0,0	0,0	0,3	0,0
– Tàu hoả và các loại khác	2,0	0,4	0,5	0,6	0,8
Cộng	58,1	1,2	0,8	15,1	7,3
2. Đốt nhiên liệu					
– Than	0,7	7,4	18,3	0,2	3,6
– Dầu, xăng	0,1	0,3	3,9	0,1	0,9
– Khí đốt tự nhiên	0,0	0,2	0,0	0,0	4,1
– Gỗ, củi	0,9	0,2	0,0	0,4	0,2
Cộng	1,7	8,1	22,2	0,7	8,8

Ghi chú. CO_x : CO, CO_2 NO_x : NO, N_2O, NO_2

2. Tác hại của một số chất gây ô nhiễm không khí

Một số chất gây ô nhiễm không khí nguy hiểm nhất đối với con người và khí quyển Trái Đất là CO_2, SO_2, CO, N_2O, CFC.

a) Cácbon điôxit (CO_2)

Khí CO_2 cùng với hơi nước trong khí quyển là hai thành phần chủ yếu dẫn đến hiệu ứng nhà kính. Cơ chế của hiệu ứng này như sau. Bầu khí quyển của Trái Đất hấp thụ yếu các bức xạ nhìn thấy của Mặt Trời. Các bức xạ này chiếu xuống bề mặt Trái Đất và làm nóng bề mặt Trái Đất. Sau đó bề mặt Trái Đất đã bị nóng lên lại phát ra bức xạ nhiệt, nó bị hấp thụ chủ yếu bởi khí CO_2 và hơi nước. Kết quả là nhiệt độ của khí quyển Trái Đất tăng dần lên. Theo tính toán của các nhà khoa học thì khi nồng độ CO_2 trong khí quyển Trái Đất tăng gấp đôi thì nhiệt độ bề mặt Trái Đất tăng lên khoảng 3^oC. Các số liệu quan trắc cho thấy nhiệt độ

Trái Đất đã tăng chừng 1°C trong khoảng thời gian từ 1860 đến 1992. Theo dự báo nếu không có biện pháp khắc phục hiệu ứng nhà kính thì nhiệt độ trung bình bề mặt Trái Đất sẽ tăng thêm 1,5 – 4,5°C vào năm 2050. Sự gia tăng nhiệt độ bề mặt Trái Đất có tác động mạnh mẽ đến nhiều mặt của môi trường Trái Đất như :

– Làm tan băng ở các cực Trái Đất (nhiều hay ít tuỳ theo mức độ nóng thêm lên của bề mặt Trái Đất) và làm dâng cao mực nước biển.

– Làm thay đổi điều kiện sống bình thường của các sinh vật trên Trái Đất, kể cả con người.

– Khí hậu Trái Đất sẽ bị biến đổi sâu sắc.

– Nhiều loại bệnh tật mới xuất hiện.

...

b) Sunfua điôxit (SO_2)

Khí SO_2 rất độc hại đối với sức khoẻ của người và sinh vật, gây ra các bệnh ở hệ hô hấp. Khi SO_2 trong không khí gặp ôxi và nước tạo thành axit gây ra hiện tượng mưa axit. Mưa axit có tác động xấu tới rừng và thảm thực vật xanh khác.

c) Cacbon mônôôxit (CO)

Tác hại của khí CO đối với con người và động vật xảy ra khi nó hoá hợp thuận nghịch với hemôglôbin (Hb) đã hấp thụ ôxi ở trong máu



$$HbO_2 + CO \leftrightarrow HbCO + O_2$$

Hemôglôbin có ái lực hoá học đối với CO mạnh hơn đối với O_2, khí CO sẽ cản trở hemôglôbin hấp thụ ôxi và gây ra ngạt thở, có thể dẫn đến tử vong.

d) Nitơ ôxit (N_2O)

N_2O là loại khí tham gia vào hiệu ứng nhà kính.

đ) Clorofluôrôcacbon (còn gọi là CFC)

CFC là những hoá chất do con người tổng hợp để sử dụng trong nhiều ngành công nghiệp, trong các máy lạnh và từ đó xâm nhập vào khí quyển làm tổn hại tầng ôzôn.

3. Bảo vệ môi trường

"Tự nhiên – Con người – Xã hội" là một hệ thống thống nhất, trong đó con người là yếu tố giữ vai trò rất quan trọng. Chính con người đã phá vỡ sự cân bằng khách quan của hệ thống nói trên thì cũng chính con người phải tạo lập lại sự cân bằng trong hệ thống đó.

Để bảo vệ môi trường sống, cần giữ sự hài hoà các quan hệ giữa tự nhiên, con người và xã hội bằng cách đưa thêm vào nền sản xuất vật chất của con người chức năng lập lại sự hài hoà của thiên nhiên.

Mặt khác cần phải tạo công nghệ mới, công nghệ sạch để chuyển sản xuất của con người thành một khâu của các quá trình tự nhiên. Như vậy phải kết hợp mục tiêu kinh tế với mục tiêu môi trường trong việc đề ra các chính sách của Nhà nước.

TÓM TẮT CHƯƠNG VIII

CƠ SỞ CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

Chủ đề	Ý chính
Nội năng **Nguyên lí I** **Động cơ nhiệt** **Máy lạnh** **Nguyên lí II**	**Nội năng** của một hệ (U) là dạng năng lượng bao gồm động năng của chuyển động hỗn loạn của các phân tử cấu tạo nên hệ và thế năng tương tác giữa chúng. Nội năng phụ thuộc vào nhiệt độ và thể tích của hệ : $U = f(T, V)$ Nội năng của khí lí tưởng chỉ phụ thuộc nhiệt độ. $U = f(T)$

Có thể biến đổi nội năng theo hai cách : thực hiện công và truyền nhiệt.

Nguyên lí I của nhiệt động lực học phát biểu như sau :

Độ biến thiên nội năng ΔU của hệ bằng tổng đại số nhiệt lượng Q và công A mà hệ nhận được.

$$\Delta U = Q + A$$

– Áp dụng cho quá trình đẳng tích của khí lí tưởng :

$$\Delta V = 0 \rightarrow A = 0, \text{ do đó } Q = \Delta U$$

– Áp dụng cho quá trình đẳng áp của khí lí tưởng :

$$Q = \Delta U - A, \text{ trong đó } A = -p\Delta V$$

– Áp dụng cho quá trình đẳng nhiệt của khí lí tưởng

$$\Delta U = 0 \rightarrow Q = -A$$

– Áp dụng cho chu trình của khí lí tưởng

$$\Delta U = 0 \rightarrow Q = -A$$

Động cơ nhiệt là thiết bị biến đổi nhiệt lượng thành công, gồm :

– Nguồn nóng cung cấp nhiệt lượng cho tác nhân.

– Tác nhân biến đổi một phần nhiệt lượng nhận được thành công và nhờ thiết bị phát động mà tác động lên các vật ngoài.

– Nguồn lạnh nhận nhiệt lượng còn lại từ tác nhân.

– Hiệu suất của động cơ nhiệt :

$$H = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

Máy lạnh là một thiết bị dùng để lấy nhiệt lượng từ vật này truyền sang vật khác nóng hơn nhờ nhận công từ các vật ngoài.

Hiệu năng của máy lạnh

$$\varepsilon = \frac{Q_2}{A} = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2}$$

Nguyên lí II chỉ ra chiều diễn biến của quá trình, được phát biểu theo hai cách tương đương :

– Nhiệt không tự nó truyền từ một vật sang vật nóng hơn.

– Không thể chế tạo được động cơ vĩnh cửu loại hai.

Hiệu suất cực đại của máy nhiệt

Đối với động cơ nhiệt :

$$H_{max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

Muốn nâng cao hiệu suất của động cơ nhiệt thì nâng cao T_1 hay hạ thấp T_2.

Đối với máy lạnh :

$$\varepsilon_{max} = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

Phụ lục 1

VECTƠ TRONG VẬT LÍ HỌC

1. Định nghĩa

Vectơ là một đoạn thẳng có định hướng. Vectơ $\overrightarrow{AB}$ có A là gốc, B là ngọn (Hình P1.1).



Hình P1.1

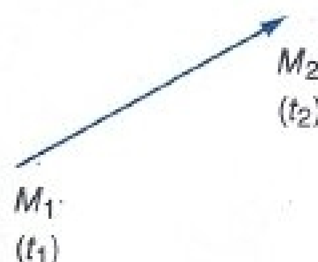
Độ dài (hay *độ lớn*) của vectơ $\overrightarrow{AB}$ bằng độ dài của đoạn thẳng AB.

Phương của vectơ $\overrightarrow{AB}$ là phương của đường thẳng AB, đường thẳng AB còn gọi là giá của vectơ $\overrightarrow{AB}$.

Chiều của vectơ $\overrightarrow{AB}$ là chiều từ gốc A đến ngọn B.

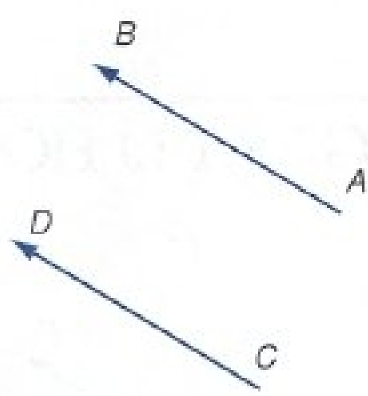
Trong vật lí học, có những đại lượng chỉ đo bằng một số, ví dụ : khối lượng, nhiệt độ..., người ta gọi đó là những *đại lượng vô hướng*. Việc tính toán với các đại lượng ấy được thực hiện theo các quy tắc của đại số thông thường.

Ngoài ra còn có những đại lượng vật lí cần được mô tả bằng vectơ. Ví dụ, khi xét chuyển động của một chất điểm : vào thời điểm t_1 chất điểm ở vị trí M_1, vào thời điểm t_2 chất điểm ở vị trí M_2 (Hình P1.2). Độ dời của chất điểm trong khoảng thời gian từ t_1 đến t_2 là đoạn thẳng nối từ điểm M_1 đến M_2, đó chính là vectơ $\overrightarrow{M_1M_2}$. (Chú ý rằng độ dời có thể khác với quãng đường đi được trong cùng thời gian). Người ta nói rằng $\overrightarrow{M_1M_2}$ là vectơ độ dời của chất điểm trong khoảng thời gian từ t_1 đến t_2.

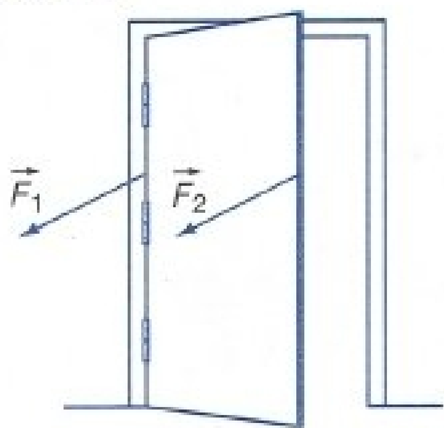


Hình P1.2

Một số đại lượng vật lí như độ dời, vận tốc, lực... cần được mô tả cả về độ lớn, phương và chiều, tức là mô tả bằng vectơ. Những đại lượng ấy gọi là *đại lượng vectơ*. Việc tính toán với các đại lượng vectơ được thực hiện theo quy tắc của tính vectơ.



Hình P1.3



Hình P1.4

2. Vectơ bằng nhau

Hai vectơ bằng nhau là hai vectơ song song, cùng chiều (cùng hướng) và cùng độ dài.

$$\overrightarrow{AB} = \overrightarrow{CD}$$

nếu :

$$\begin{cases} AB \,//\, CD \\ \text{chiều như ở Hình P1.3} \\ AB = CD \end{cases}$$

Trên đây là định nghĩa toán học.

Đối với đại lượng vectơ trong vật lí học, không phải bao giờ cũng có thể thay một vectơ bằng một vectơ khác bằng nó. *Ví dụ :* Hai lực $\vec{F}_1$ và $\vec{F}_2$ song song cùng chiều và cùng độ lớn (cường độ) đặt lên hai điểm khác nhau của một vật rắn thì có thể có tác dụng khác nhau. Lực $\vec{F}_1$ không làm quay cánh cửa, lực $\vec{F}_2$ làm quay cánh cửa (Hình P1.4).

Vì lẽ trên người ta chia ra ba loại vectơ :

Vectơ tự do : Có thể thay đổi gốc tuỳ ý.

Vectơ trượt : Có thể dời gốc trên giá.

Vectơ buộc : Không thể dời gốc.

Ví dụ : Lực tác dụng lên một chất điểm là vectơ buộc, lực tác dụng lên vật rắn là một vectơ trượt, vectơ độ dời của một điểm thuộc vật chuyển động tịnh tiến (ví dụ ô tô đi trên đường thẳng) là một vectơ tự do.

3. Cộng vectơ

Cho hai vectơ $\vec{a} = \overrightarrow{OA}$

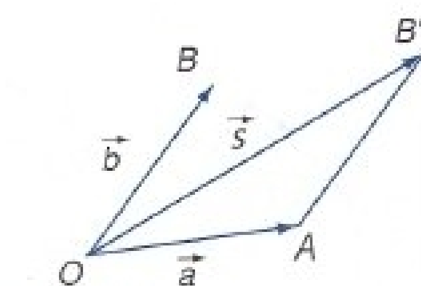
$\vec{b} = \overrightarrow{OB}$

Vectơ tổng $\vec{s} = \vec{a} + \vec{b}$ được xác định theo quy tắc sau :

Từ điểm ngọn A của vectơ $\vec{a}$ vẽ một vectơ

$$\overrightarrow{AB'} = \overrightarrow{OB} = \vec{b}.$$

Ta sẽ có
$$\overrightarrow{OA} + \overrightarrow{AB}' = \overrightarrow{OB}'$$
hay là
$$\vec{a} + \vec{b} = \vec{s}$$

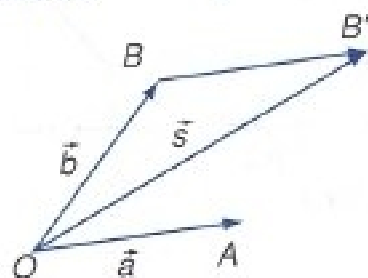


Hình P1.5

Vectơ tổng của $\vec{a}$ và $\vec{b}$ là đường chéo $\overrightarrow{OB}'$ của hình bình hình có hai cạnh là $\vec{a}$ và $\vec{b}$ (Hình P1.5).

Có thể thử lại rằng, nếu vẽ từ ngọn B của vectơ $\vec{b}$, vectơ $\overrightarrow{BB}'' = \overrightarrow{OA} = \vec{a}$ thì ta sẽ có

$$\overrightarrow{OB} + \overrightarrow{BB}'' = \vec{b} + \vec{a}.$$



Hình P1.6

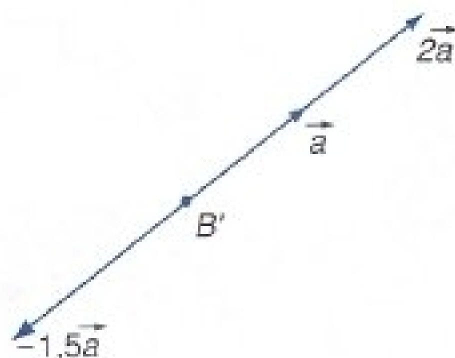
Điểm B" là đỉnh của hình bình hành mà hai cạnh là $\vec{a}$ *và* $\vec{b}$. Như vậy B'' trùng với B'.

Ta sẽ có : $\vec{a} + \vec{b} = \vec{b} + \vec{a}$

Như vậy thứ tự cộng vectơ là không quan trọng.

4. Nhân vectơ với một số

Nếu ta nhân vectơ $\vec{a}$ với một số n dương thì được một vectơ, kí hiệu là $n\vec{a}$, có cùng phương cùng chiều với vectơ $\vec{a}$ và có độ lớn bằng $|\vec{a}|$ (độ lớn của $\vec{a}$) nhân với n. Nếu nhân $\vec{a}$ với một số m âm, thì được vectơ $m\vec{a}$ cùng phương ngược chiều với $\vec{a}$ và có độ lớn bằng giá trị tuyệt đối của m nhân với $|\vec{a}|$ (Hình P1.7).

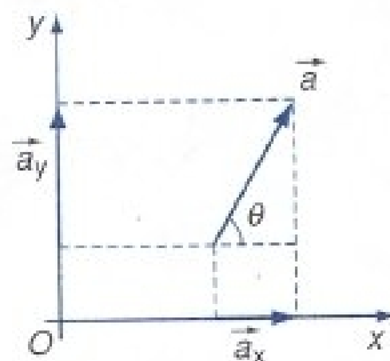


Hình P1.7

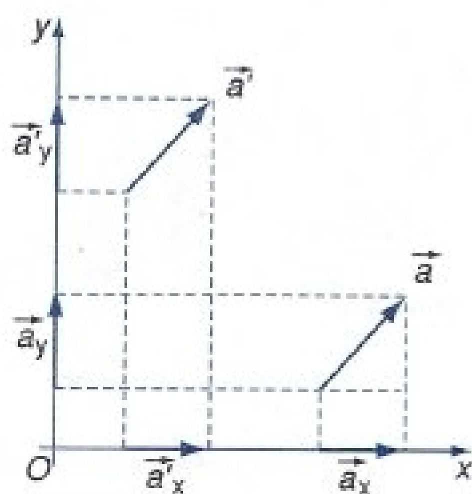
5. Các thành phần của vectơ

Xét vectơ $\vec{a}$ trong một hệ trục toạ độ vuông góc xOy, mặt phẳng xOy chứa vectơ $\vec{a}$ (Hình P1.8).

Nếu từ gốc và ngọn của vectơ $\vec{a}$ ta hạ các đường vuông góc xuống các trục toạ độ thì được các vectơ $\vec{a}_x$ và $\vec{a}_y$ là hình chiếu của vectơ $\vec{a}$ trên trục Ox và trên trục Oy. Các vectơ $\vec{a}_x$ và $\vec{a}_y$ còn gọi là *thành phần của vectơ $\vec{a}$ theo phương Ox và theo phương Oy.*



Hình P1.8



Hình P1.9

Từ Hình P1.9 ta có thể thấy rằng nếu $\vec{a} = \vec{a}'$

thì $\vec{a}_x = \vec{a}'_x$

và $\vec{a}_y = \vec{a}'_y$

Bao giờ ta cũng có

$$\vec{a} = \vec{a}_x + \vec{a}_y \tag{1}$$

Đẳng thức này biểu thị việc phân tích vectơ $\vec{a}$ thành các thành phần theo phương Ox và Oy.

6. Độ dài đại số của vectơ trên trục của nó

Xét vectơ $\vec{a}_x$ trên trục Ox, $\vec{a}_x$ có thể cùng chiều hoặc ngược chiều với trục này. Chúng ta quy ước độ dài đại số của vectơ $\vec{a}_x$ là số đo của độ dài vectơ này, với dấu cộng (+) nếu vectơ cùng chiều với trục Ox, với dấu trừ (–) nếu nó ngược chiều.

Từ Hình P1.8 ta có thể thấy rằng

$$a_x = a\cos\theta, \ a_y = a\sin\theta$$

trong đó θ là góc giữa trục Ox và vectơ $\vec{a}$, còn a là độ dài của vectơ $\vec{a}$. Ta có các hệ thức sau đây :

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$$

$$\tan\theta = \frac{a_y}{a_x}$$

7. Vectơ đơn vị

Vectơ đơn vị là một vectơ có độ lớn đúng bằng 1 và hướng theo một hướng cụ thể nào đó.

Nếu $\vec{i}$ là vectơ đơn vị trên trục x thì :

$$\vec{a}_x = a_x\vec{i}$$

trong đó a_x là độ dài đại số của vectơ $\vec{a}_x$.

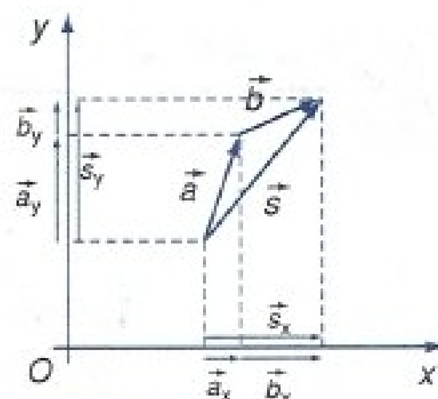
Ta trở lại hệ thức (1) phân tích vectơ $\vec{a}$, có thể viết

$$\vec{a} = a_x\vec{i} + a_y\vec{j} \tag{2}$$

với $\vec{i}$, $\vec{j}$ là vectơ đơn vị trên trục Ox và Oy.

Hệ thức (2) biểu thị việc phân tích vectơ $\vec{a}$ theo các vectơ đơn vị $\vec{i}, \vec{j}$. Các hệ số a_x và a_y còn gọi là toạ độ của vectơ $\vec{a}$ trong hệ xOy.

Vậy toạ độ của vectơ $\vec{a}$ cũng là số đo các thành phần (hình chiếu) trên các trục tương ứng.



Hình P1.10

8. Cộng vectơ bằng các thành phần (hình chiếu)

Ta hãy xét đẳng thức

$$\vec{s} = \vec{a} + \vec{b}$$

Chọn hệ trục toạ độ vuông góc xOy.

Từ Hình P1.10 ta thấy ngay rằng :

Hình chiếu của tổng = Tổng các hình chiếu

$$\vec{s}_x = \vec{a}_x + \vec{b}_x$$

$$\vec{s}_y = \vec{a}_y + \vec{b}_y$$

Có thể thay các vectơ bằng tích của độ dài đại số của nó nhân với vectơ đơn vị :

$$s_x\vec{i} = a_x\vec{i} + b_x\vec{i}$$

hay là $$s_x = a_x + b_x$$

$$s_y = a_y + b_y$$

Như vậy nếu biết toạ độ của hai vectơ $\vec{a}$ và $\vec{b}$ thì ta có thể tính ngay được toạ độ của vectơ tổng $\vec{s}$ của các vectơ ấy.

Phụ lục 2

MỘT SỐ BẢNG TRA CỨU

1. Đơn vị trong hệ SI

Độ dài	mét	m
Thời gian	giây	s
Khối lượng	kilôgam	kg
Vận tốc		m/s
Gia tốc		m/s^2
Tần số	héc (Hz)	1/s
Tốc độ góc		rad/s
Khối lượng riêng		kg/m^3
Lực	niutơn (N)	$kg.m/s^2$
Áp suất, ứng suất	paxcan (Pa)	N/m^2
Động lượng		kg.m/s
Công, năng lượng	jun (J)	N.m
Công suất	oát (W)	J/s
Nhiệt độ	kenvin	K
Lượng chất		mol
Nhiệt dung		J/K

2. Các bội và ước thập phân

Bội : kilô (k) = 10^3 ; mêga (M) = 10^6 ; giga (G) = 10^9

Ước : đêxi (d) = 10^1 ; centi (c) = 10^{-2} ; mili (m) = 10^{-3}

micrô (μ) = 10^{-6} ; nanô (n) = 10^{-9} ; picô (p) = 10^{-12}

3. Một số đơn vị thông dụng ở các nước nói tiếng Anh

1 inch (in-chơ) = 2,540 cm ; 1 foot (fut) = 30,48 cm ;

1 mile (dặm) = 1609 m ;

1 ounce (ao-xơ) = 28,35 g ; 1 pound (pao) = 453,6 g

đơn vị nhiệt lượng : 1 BTU = 1055,06 J ; 1 BTU/h = 0,2930 W.

4. Bảng chữ cái Hi Lạp

A, α	alpha	I, ι	iôta	P, ρ	rô
B, β	bêta	K, κ	kapa	Σ, σ	xichma
Γ, γ	gama	Λ, λ	lamda	T, τ	tô
Δ, δ	đenta	M, μ	muy	Υ, υ	upxilon
E, ε	epxilon	N, ν	nuy	Φ, φ	phi
Z, ζ	zêta	Ξ, ξ	kxi	X, χ	khi
H, η	êta	O, o	ômikron	Ψ, ψ	pxi
$\Theta, \vartheta, \theta$	têta	Π, π	pi	Ω, ω	ômêga

5. Một số hằng số vật lí cơ bản

Vận tốc ánh sáng trong chân không	$c = \begin{cases} 2{,}998.10^{8} \text{ m/s} \\ 2{,}998.10^{10} \text{ cm/s} \end{cases}$
Hằng số hấp dẫn	$G = \begin{cases} 6{,}67.10^{-11} \text{ m}^3/(\text{kg.s}^2) \\ 6{,}67.10^{-8} \text{ cm}^3/(\text{g.s}^2) \end{cases}$
Gia tốc rơi tự do (tiêu chuẩn)	$g = \begin{cases} 9{,}807 \text{ m/s}^2 \\ 980{,}7 \text{ cm/s}^2 \end{cases}$
Số A-vô-ga-đrô	$N_A = \begin{cases} 6{,}022.10^{26} \text{ kmol}^{-1} \\ 6{,}022.10^{23} \text{ mol}^{-1} \end{cases}$
Thể tích khí tiêu chuẩn	$V_0 = 22{,}42$ m³/kmol (l/mol)
Hằng số khí	$R = 8{,}314$ J/(mol.K)
Hằng số Bôn-xơ-man	$k = 1{,}380.10^{-23}$ J/K

6. Một số đại lượng thiên văn

Thiên thể	Bán kính trung bình (m)	Khối lượng (kg)	Khối lượng riêng trung bình ($.10^3$ kg/m³)	Chu kì quay xung quanh trục (ngày – đêm)
Mặt Trời	$6{,}95.10^{8}$	$1{,}97.10^{30}$	1,41	25,4
Trái Đất	$6{,}37.10^{6}$	$5{,}96.10^{24}$	5,52	1,00
Mặt Trăng	$1{,}74.10^{6}$	$7{,}30.10^{22}$	3,30	27,3

7. Khối lượng riêng của một số chất

Chất rắn	ρ (g/cm^3)
Bạc	10,5
Cadimi	8,65
Chì	11,3
Côban	8,9
Đồng	8,9
Graphit	1,6
Kẽm	7,0
Kim cương	3,5
Lie	0,20
Môlipđen	10,2
Nhôm	2,7
Niken	8,9
Nước đá	0,916
Platin	21,5
Sắt (thép)	7,8
Sứ	2,3
Thiếc	7,4
Titan	4,5
Uran	19,0
Vàng	19,3
Vonfam	19,1

Chất lỏng	ρ (g/cm^3)
Benzen	0,88
Dầu thầu dầu	0,90
Ête	0,72
Glixêrin	1,26
Dầu lửa	0,80
Nước	1,00
Nước nặng	1,1
Rượu cồn	0,79
Thuỷ ngân	13,6

Chất khí (ở các điều kiện chuẩn)	ρ (kg/m^3)
Amôniac	0,77
Clo	3,21
Hiđrô	0,09
Khí cacbônic	1,98
Không khí	1,293
Mêtan	0,72
Nitơ	1,25
Ôxi	1,43

8. Hệ số nở nhiệt của một số chất (ở nhiệt độ phòng thí nghiệm)

Các chất rắn	Hệ số nở dài α (.10^{-6} K^{-1})	Các chất lỏng	Hệ số nở thể tích β (.10^{-4} K^{-1})
Đồng	17,2	Etanol	11,0
Đồng thau	18,0	Glixêrin	5,0
Nhôm	24,5	Dầu lửa	10,0
Sắt (thép)	11	Nước	2,1
Thuỷ tinh thường	9,5	Thuỷ ngân	1,8

9. Hằng số đàn hồi. Giới hạn đứt

Vật liệu	Suất Y-âng E (GPa)	Suất cắt G (GPa)	Hệ số Poát-xông μ	Giới hạn đứt σ_m (GPa)	Hệ số nén β $(GPa)^{-1}$
Chì	16	5,6	0,44	0,015	0,022
Đồng	130	40	0,34	0,30	0,007
Nhôm	70	26	0,34	0,10	0,014
Nước	–	–	–	–	0,49
Sắt (thép)	210	81	0,29	0,60	0,006
Thuỷ tinh	60	30	0,25	0,05	0,025

10. Áp suất hơi nước bão hoà

°C	Áp suất (kPa)	°C	Áp suất (kPa)	°C	Áp suất (kPa)
0	0,61	25	3,15	60	19,9
5	0,87	30	4,23	70	31,0
10	1,22	35	5,60	80	47,3
15	1,70	40	7,35	90	70,0
20	2,33	50	12,3	100	101

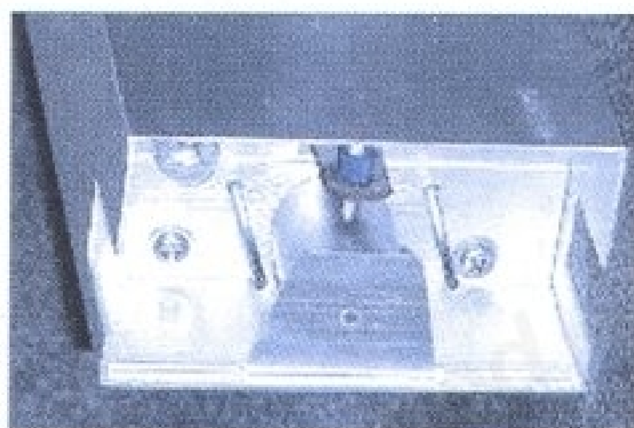
Phụ lục 3

MỘT SỐ DỤNG CỤ DÙNG TRONG CÁC BÀI THÍ NGHIỆM THỰC HÀNH

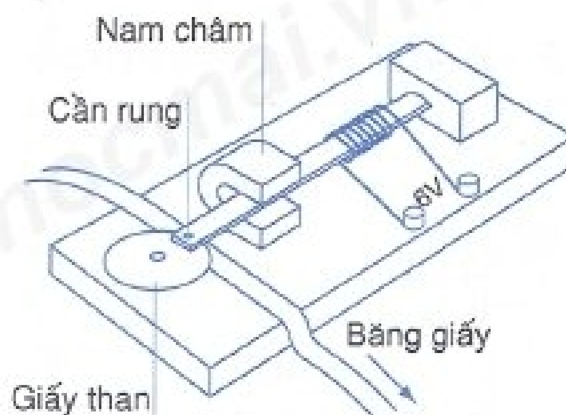
1. Bộ rung đo thời gian

• Nguyên lí hoạt động : Dùng dòng điện xoay chiều có tần số không đổi 50 Hz làm rung một ngòi bút đánh dấu lên băng giấy chuyển động.

• Cấu tạo gồm các bộ phận chính : cuộn dây nối với dòng điện 50 Hz, cần rung đặt trong ống dây đầu có gắn bút ghi, nam châm, mực, băng giấy. Khoảng thời gian giữa hai chấm liên tiếp là 0,02 s.



a) Hình dạng bên ngoài của bộ rung



b) Cấu tạo bên trong của bộ rung

Hình P3.1

2. Bộ máng trượt trên đệm không khí

– Nguyên lí : Dùng máy bơm thổi không khí qua các lỗ nhỏ trên mặt máng để nâng vật lên. Vật không tiếp xúc trực tiếp với máng ; ma sát bị triệt tiêu.

– Các bộ phận chính :

• *A* : Ống dẫn khí vào máng.

• *B* : Máng trượt có nhiều lỗ nhỏ thổi khí lên trên mặt máng, có tác dụng nâng vật chuyển động không tiếp xúc với máng, do đó triệt tiêu ma sát.

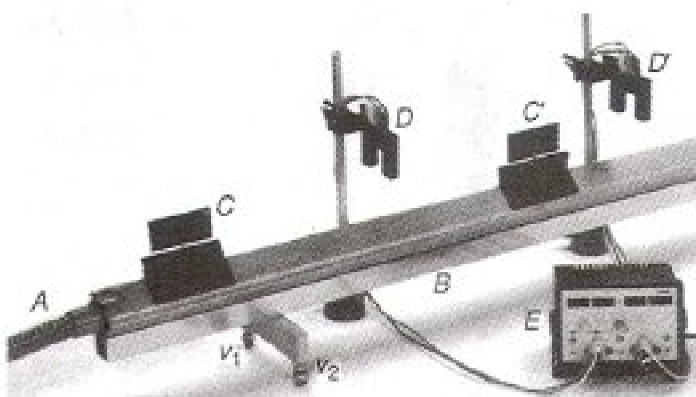
• *C* và *C'* : Các vật chuyển động (động tử).

• *D* và *D'* : Cổng quang điện nối với *E* là đồng hồ đo thời gian hiện số. Khi có vật chắn lướt qua *D*, *D'* thì máy đo sẽ chỉ thị.

• *E* : Đồng hồ đo thời gian hiện số.

Các máy thường có nhiều kiểu chỉ thị thời gian để người sử dụng tuỳ chọn. Ví dụ, có thể đo khoảng thời gian mà một vật chắn lớn lướt qua một cảm biến hoặc đo khoảng thời gian một vật chắn nhỏ lướt qua cả hai cảm biến...

Chú ý : Trước khi làm thí nghiệm, phải chỉnh thăng bằng cho máng và chỉnh bộ đo thời gian về số 0.

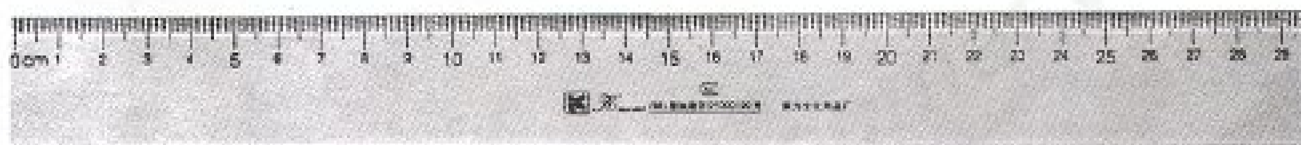


Hình P3.2 *Bộ máng trượt trên đệm không khí*

3. Thước đo độ dài

• GHĐ là 0,2 – 1,0 m.

• ĐCNN là 1 mm.



Hình P3.3 *Thước đo độ dài*

4. Thì kế (đồng hồ bấm giây)

• GHĐ 30 min.

• ĐCNN của đồng hồ bấm giây dùng kim là 0,2 s, của loại hiện số là 0,01 s.



Hình P3.4 *Đồng hồ bấm giây*

5. Cân Rô-béc-van

• Nguyên lí : cân bằng của momen lực.

• Các bộ phận chính :

A : đòn cân ;

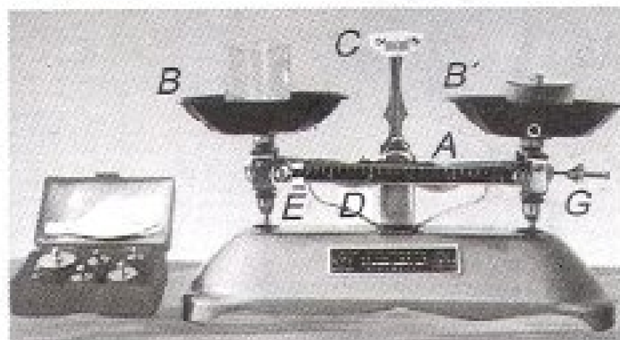
B, *B'* : các đĩa cân ;

C : kim chỉ cân bằng ;

D : đòn cân ;

E : gia trọng trượt ;

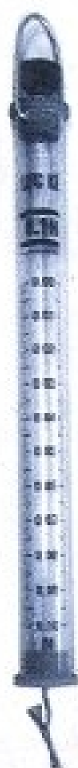
G : vít vi chỉnh và hộp quả cân.



Hình P3.5 *Cân Rô-béc-van*

6. Lực kế : loại ống, loại bảng, đều có lò xo xoắn.

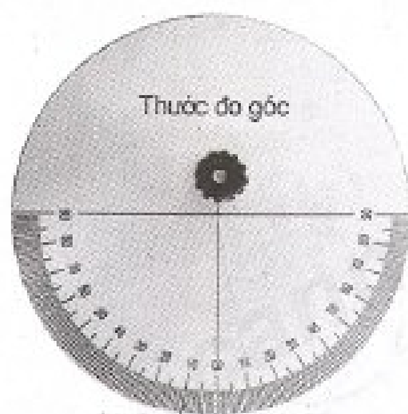
- GHĐ : 10 N, 50 N...
- ĐCNN là 0,1 N.



Hình P3.6 Lực kế ống

7. Thước đo góc

- GHĐ 180° hoặc 360°.
- ĐCNN là 1°.



Hình P3.7 Thước đo góc

8. Áp kế

- GHĐ 2.10^5 Pa.
- ĐCNN $0,05.10^5$ Pa.



Hình P3.8 Áp kế

9. Nhiệt lượng kế

• GHĐ 100°C.

• ĐCNN là 1°C. Trên Hình P3.9, nhiệt kế đang đặt trong nhiệt lượng kế. (Nhiệt lượng kế là dụng cụ để tạo ra một không gian cách nhiệt với môi trường ngoài, tránh hao phí nhiệt trong các thí nghiệm).

A : Nhiệt kế.

B : Bình cách nhiệt.

C : Que khuấy.



Hình P3.9 Nhiệt lượng kế

10. Đồng hồ đo thời gian hiện số

Đồng hồ đo thời gian hiện số có độ chính xác cao (ĐCNN 0,001 s ; 0,01 s). Nó có thể hoạt động như một đồng hồ bấm giây theo tín hiệu điều khiển của rơle điện từ hoặc cổng quang điện.

– Các bộ phận chính :

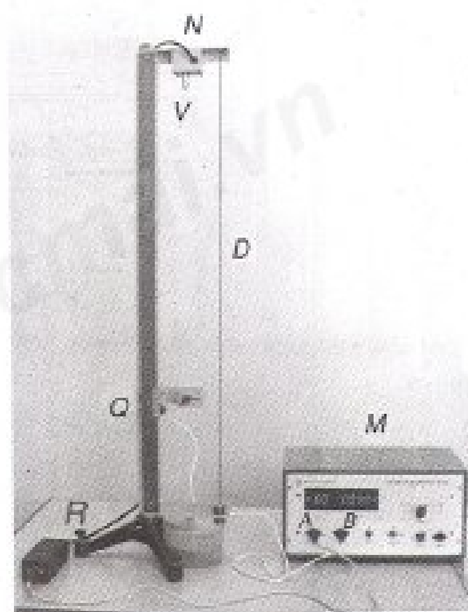
• N : Nam châm điện để giữ và thả vật rơi hình trụ V.

• Q : Cổng quang điện gồm một điôt phát tia hồng ngoại và một điôt nhận tia hồng ngoại. Khi vật rơi chắn giữa hai điôt, thì sẽ có một tín hiệu điện điều khiển đồng hồ đo thời gian.

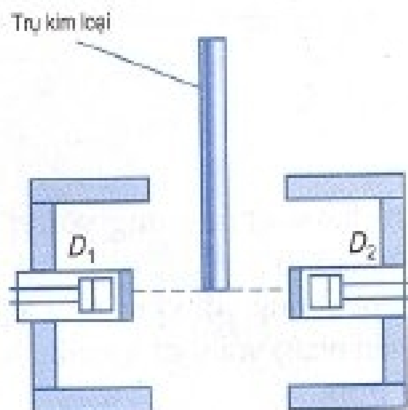
• M : Đồng hồ đo thời gian nhờ tín hiệu điều khiển từ rơle R và cổng quang điện Q.

Trên mặt đồng hồ có hai ổ cắm 5 chân A và B, ổ A nối với R, ổ B nối với Q.

• D : Dây dọi để chỉnh cho vật rơi thẳng đứng.



Hình P3.10 Dụng cụ đo gia tốc rơi tự do



a) Cổng quang điện khi vật rơi qua



b) Mặt máy đo thời gian hiện số

Hình P3.11

– Lưu ý :

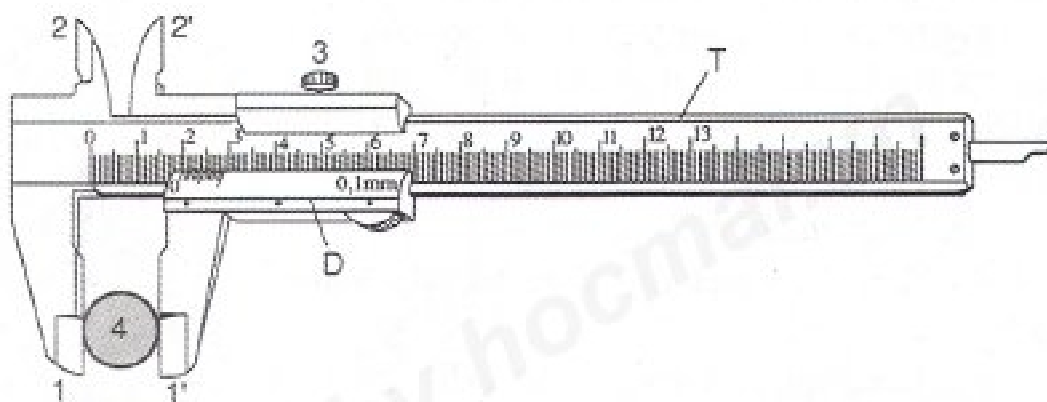
• Nút nhấn RESET để đưa số chỉ của đồng hồ về giá trị 0000.

• Cái chuyển mạch MODE (kiểu làm việc) dùng để chọn kiểu làm việc cho đồng hồ đo thời gian.

• Khi được đặt ở MODE A ↔ B đồng hồ hoạt động như sau : Khi vật bắt đầu rơi thì đồng hồ cũng bắt đầu đếm thời gian. Khi vật rơi qua *Q*, sẽ có tín hiệu từ *Q* chuyển sang *B* thì đồng hồ ngừng. Khoảng thời gian đo được sẽ hiện trên mặt hiện số của đồng hồ.

11. Thước kẹp

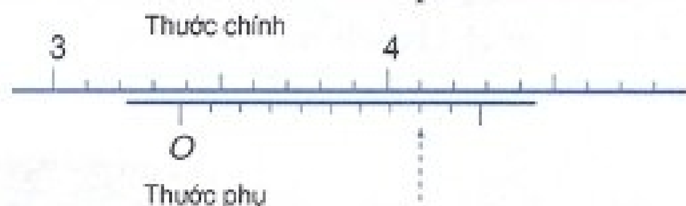
Thước kẹp là dụng cụ đo độ dài có độ chính xác cao. Chiếc thước ở Hình P3.12 có ĐCNN là 0,1 mm.



Hình P3.12 Thước kẹp

Bộ phận quan trọng nhất khiến cho thước kẹp có thể đọc các giá trị rất nhỏ là du xích *D*. Trên *D* có một thước đo phụ áp sát thước đo chính, độ dài của 10 vạch trên thước phụ chỉ bằng độ dài của 9 vạch trên thước đo chính.

Khi đo, ta đẩy du xích *D* kẹp chặt lấy vật cần đo và đọc kết quả đo. Trên Hình P3.13 ta có kết quả đo như sau :



Hình P3.13 Cách đọc giá trị

– Phần nguyên : 33 đọc trên thước chính, ứng với vị trí của số 0 của du xích chiếu lên thước chính.

– Phần lẻ : 0,8 đọc trên thước phụ, ứng với vị trí mũi tên chỉ, ở đó vạch ở thước phụ trùng (hoặc gần nhất) với vạch của thước chính.

– Kết quả có số đo là : 33,8 mm.

Thước kẹp có thể dùng để đo đường kính trong, đường kính ngoài, độ sâu của lỗ.

Phụ lục 4

ĐÁP ÁN VÀ ĐÁP SỐ BÀI TẬP

Chương I

1.

1. 33 h ; **2.** Hà Nội – Vinh 5 h 34 min ; Hà Nội – Huế 12 h 50 min ; Hà Nội – Đà Nẵng 15 h 32 min ; Hà Nội – Nha Trang 24 h 55 min ; Hà Nội – Sài Gòn 33 h ; **3.** 12 h 30 min ngày hôm sau ; 17 h.

2.

1. B ; **2.** B ; **3.** C ; **4.** a) 1,25 m/s ; 1,25 m/s ; 1 m/s ; 1 m/s ; 0,83 m/s ; 0,83 m/s ; 0,83 m/s ; 0,71 m/s ; 0,71 m/s ; 0,71 m/s ; b) 0,88 m/s ; trung bình của các vận tốc trung bình là 0,91 m/s ; **5.** a) 6 min 50 s ; b) 564,3 m ; **6.** 54,54 km/h ; **7.** a) 2 500 m, 4,16 m/s ; b) 2 000 m, 1,66 m/s ; c) 4 500 m, 2,5 m/s ; **8.** a) 2 h ; Cách *A* 80 km.

3.

1. 36 km/h ; 24 km/h ; 36 km/h ; 30,86 km/h ; không ;
2. 83,08 km/h ; không chính xác.

4.

1. C ; **2.** C ; **3.** 49,4 m/s^2 ; **4.** a) 2,5 s ; b) nhanh dần đều ; c) 10 m/s ; **5.** a) Không ; b) 0,4 m/s^2.

5.

1. C ; **2.** a) 6 m/s^2 ; b) 33 m, 20 m/s ; **3.** –8 m/s^2 ; –1 m/s ; 7 m/s ; **4.** a) $x = 30t - t^2$; b) 15 s ; c) 225 m ; d) –10 m/s đi xuống.

6.

1. C ; **2.** 9,9 m/s ; **3.** 4 s ; **4.** 3,75 m ; 6,25 m ($g = 10$ m/s^2).

7.

1. a) –3 m/s^2 ; b) 16,66 m ; **2.** 8,85 m/s ; **3.** 0,82 s, 0,82 m, –4 m/s ; **4.** 1,93 m/s^2 ; **5.** 35,5 km.

8.

1. C ; **2.** $\frac{\omega_1}{\omega_2} = 12$; $\frac{v_1}{v_2} = 16$. **3.** 1 h 27 min ; $0{,}2.10^{-3}$ vòng/s.

9.

1. C ; **2.** 2,5.10^{-4} m/s^2 ; **3.** 2,66.10^{-6} rad/s ; 2,7.10^{-3} m/s^2.

10.

1. C ; **2.** 5 km/h ; 1 km/h ; **3.** 2 h 30 min ; **4.** 5 m/s.

11.

1. D ; **2.** Sai số tuyệt đối là 0,25 cm, sai số tỉ đối là 1,6% ; **3.** α cho biết gia tốc, điểm A cho biết giá trị vận tốc tức thời.

12.

1. Khác nhau về khoảng cách giữa hai chấm liên tiếp tương ứng. Nguyên nhân chính là do ma sát giữa giấy và bộ rung trong hai trường hợp khác nhau. **2.** Phương án 2.

Chương II

13.

1. C ; **2.** 40 N ; 34,6 N ; 28,2 N ; 20 N ; 0. Với F_1, F_2 không đổi, khi α tăng thì F giảm ; **3.** a) Không, b) 90^o ; **4.** $\vec{F} = 0$; **5.** $\vec{F} = 2\vec{F}_2$; **6.** 2,82 N ; **7.** 294 N.

14.

1. D.

15.

1. C ; **2.** 0,125 N ; **3.** 24,5 N ; **4.** 2,5.10^4 N ; **6.** 1 tấn.

16.

1. 600 g.

17.

1. D ; **2.** C ; **3.** B ; **4.** Hoả tinh : 3,80 m/s^2 ; Kim tinh : 8,93 m/s^2 ; Mộc tinh : 24,11 m/s^2 ; **5.** 22,56 N ; **6.** 2,7 N ; **7.** 2 650 km.

18.

1. C. **2.** C. **5.** a) 3 s ; b) 20 m ; c) 52 m ; **6.** a) $y = 80 - \frac{x^2}{180}$, b) 120 m, c) 50 m/s ; **7.** 6 324 m ; **8.** 15 m/s.

19.

1. C ; **2.** 1,02 kg ; **3.** 0,32 mm ; **4.** 28 cm ; 100 N/m.

20.

1. C ; **2.** D ; **3.** 1 176 N ; **4.** 56,2 m ; 78,7 m ; **5.** 1,03 m ; 0,72 m.

21.

1. B ; **2.** B ; **3.** a) 0, b) 0,3 m/s^2 ; $\vec{a}$ hướng lên, c) 0,4 m/s^2 ; $\vec{a}$ hướng xuống ; **4.** b) Trường hợp 1 : 0 ; 2,94 N, trường hợp 2 : $|a|$ = 1,38 m/s^2 ; chuyển động chậm dần đều ; T = 2,95 N, trường hợp 3 : 0,69 m/s^2 ; chuyển động nhanh dần đều ; 2,95 N ; **5.** $a \geq g\tan\alpha$, $\vec{a}$ hướng sang trái ; **6.** 4,2 m/s^2.

22.

1. D ; **2.** 1 vòng/giây ; **3.** 9 360 N, 14 160 N ; **4.** Hình tròn ở trên bàn, có tâm nằm trên trục quay, bán kính 0,272 m.

23.

1. B ; **2.** 1,87 m/s^2 ; **3.** a) –7,45 m/s^2 ; b) 13,4 cm ; c) Vật trượt nhanh dần đều xuống ; **4.** a) 68,5 vòng/phút ; b) 3,92 N.

24.

1. D ; **2.** a) 62 100 N ; b) 27 600 N ; 13 800 N.

3. a) 0,392 m/s ; b) 0,196 m.

4. Nếu $m_1 > m_2(\sin\alpha + \mu_t\cos\alpha)$ thì vật 1 đi xuống, vật 2 trượt lên.

Nếu $m_1 < m_2(\sin\alpha - \mu_t\cos\alpha)$ thì vật 2 trượt xuống, vật 1 đi lên.

Nếu $m_2(\sin\alpha - \mu_t\cos\alpha) \leq m_1 \leq m_2(\sin\alpha + \mu_t\cos\alpha)$ thì hệ ở trạng thái cân bằng.

25.

2. Có thể đo được nếu khéo tay, bằng cách tìm góc nghiêng khi vật trượt đều.

Chương III

26.

1. C.

27.

1. D ; **2.** 46 N ; **3.** b) 5,7 N.

28.

1. Chia bản mỏng thành một hình chữ nhật và một hình vuông có cạnh là 3 cm. Kí hiệu O_1 là tâm của hình chữ nhật, O_2 là tâm của hình vuông. Trọng tâm O nằm trên đoạn thẳng O_1O_2 với O_1O = 0,88 cm ; **2.** F_A = 80 N, F_B = 160 N ; **3.** Vai đặt ở điểm cách đầu có thúng gạo 40 cm và chịu một lực bằng 500 N.

29.

1. D ; **2.** 10 N ; **4.** a) 34,6 N ; b) 433 N/m.

Chương IV

31.

1. C ; **2.** D ; **3.** a) 6 kg.m/s, b) 0, c) 4,242 kg.m/s, d) 3 kg.m/s ; **4.** 600 g ; **5.** –0,8 kg.m/s ; –16 N ; **6.** $v_1' = \frac{3v}{2}$; $v_2' = \frac{v}{2}$; **7.** –845 N.

32.

1. 0,43 m/s, theo chiều chuyển động ban đầu của xe thứ hai. **2.** 325 m/s ; **3.** Mảnh đạn thứ hai bay theo hướng chếch lên trên, hợp với phương ngang góc $\alpha = 37°$, vận tốc là 1 000 m/s.

33.

1. C ; **2.** 3 km ; **3.** Công của lực kéo : 75 J. Công của trọng lực : –22,5 J ; **4.** 138,3 J ; 230,5 W ; 115,3 W ; **5.** 1 500 W ; 3 857 kJ.

34.

1. a) 562 500 J và 146 250 J ; b) bằng 0 ; **2.** Không bằng nhau ; **3.** –8 000 N ; **4.** a) 20 J ; b) 10 J ; c) 14,1 J ; **5.** 5 196 J ; –4 000 J ; 1 196 J ; **6.** s = 12,9 m. Xe kịp dừng, không đâm vào vật cản.

35.

1. A ; **2.** $A = Ph$; **3.** a) 7 840 J, b) –3 920 J, c) 11 760 J ; d) 1 568 J ; **4.** a) 58 800 J, b) 23 520 J, không phụ thuộc ; **5.** a) Lấy mặt đất làm mức không : 8.10^4 J ; 44.10^5 J ; 104.10^5J ; lấy trạm dừng thứ nhất làm mức không : -432.10^4 J ; 0 ; 60.10^5 J ; b) -432.10^4 J ; -60.10^5 J, không phụ thuộc mức không.

36.

1. a) 150 N/m, b) 0,03 J, c) –0,062 J ; **2.** 2,25 J.

37.

1. D ; **2.** a) 0,16 J ; 0,31 J ; 0,47 J ; b) 2,42 m ; **3.** a) 1,76 m/s ; b) 2,4 m/s ; **4.** a) đều là 10 m/s ; b) 1,27 m ; 3,83 m.

38.

1. $v_1' = \frac{v_1}{2}$; $v_2' = \frac{3v_1}{2}$; **2.** 9 cm/s, chuyển động sang phải ; $8,7.10^{-4}$ J ;

3. a) 400 m/s, b) 0,99.

40.

1. a) $3,15.10^7$ s ; b) 942.10^6 km ; c) 30 km/s ; **3.** $5,98.10^{24}$ kg.

Chương V

41.

1. B ; **2.** $9,9.10^6$ Pa ; **3.** 1 444,4 N ; $1,84.10^5$ Pa ; **4.** $2,89.10^4$ N.

42.

1. C ; **2.** 1,06 m/s ; **3.** 6 tỉ ; **4.** 8 m/s ; 5.10^4 Pa.

43.

1. 52181 N ; **2.** 1,4 cm.

Chương VI

44.

1. B ; **2.** a) 2 g, b) 11,2 lít ; **3.** $\frac{18}{12} = \frac{3}{2}$; **4.** $\frac{6,02}{18}.10^{23} = 3,35.10^{22}$.

45.

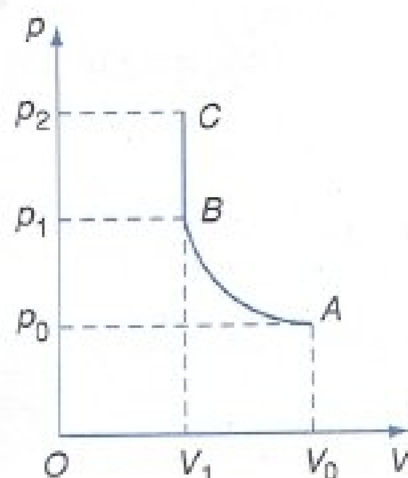
1. A ; **2.** 2,24 atm ; **3.** 2,5 lần ; **4.** 1,49 lần ;
5. 100 kPa.

46.

1. B ; **2.** 3,92 kPa ;

3. a) 2,75 atm ; b) Xem Hình P4.1 ;

4. 1,13 atm ; $p_t = p_{100}\left(1 + \frac{t - 100}{373}\right)$



Hình P4.1

47.

1. C ; **2.** 2,78 lần ; **3.** 214 quả bóng ; **4.** 12,4 lít ;

48.

1. C ; **2.** 32,1 g ; **3.** 44 g/mol (CO_2) ; **4.** 1,1 atm.

Chương VII

51.

1. B ; **2.** $8,9.10^{10}$ Pa ; **3.** $0,000025 = 0,25.10^{-2}\%$.

52.

1. 3,6 mm ; **2.** Phía băng thép ; **3.** 2,009 lít.

53.

1. Về phía nước ; $2,64.10^{-3}$ N ; **2.** 0,074 N/m.

54.

1. D ; **2.** 80.10^{-3} N/m ; **3.** 30,9 mm ; **4.** (760 + 7) mmHg.

55.

1. C ; **2.** $1,5.10^{6}$ m^3 ; **3.** $2,4.10^{3}$ kJ/kg.

56.

1. C ; **2.** g ; **3.** $2,26.10^{6}$ J/kg ; **4.** 20,3 mmHg ; 22,5°C.

Chương VIII

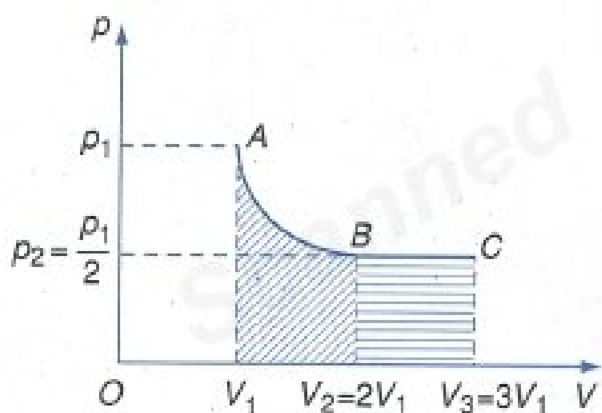
58.

1. 3 000 J ; **2.** 22°C ; **3.** 1 380 J.

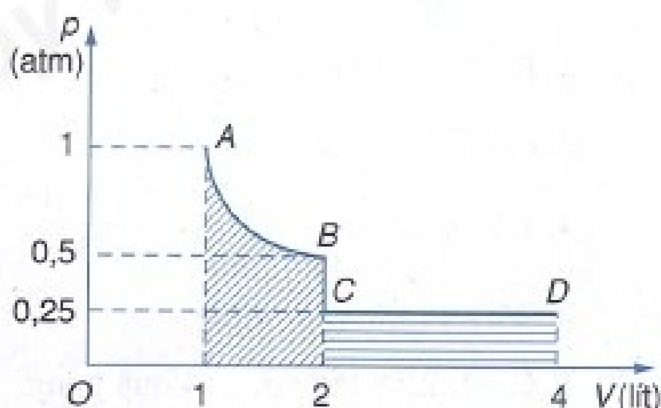
59.

1. B.

2. Công trong quá trình đẳng nhiệt lớn hơn (Hình P4.2).



Hình P4.2



Hình P4.3

3. Công trong quá trình đẳng nhiệt lớn hơn (Hình P4.3).

4. A' = 3,12 kJ và ΔU = 7,92 kJ.

60.

1. Chuyển động C ; **2.** Hiệu suất 20% ; hiệu suất cực đại 42% ; **3.** $6,3.10^{6}$ J ; **4.** 20.10^{6} J ; **5.** 904 kW.

MỤC LỤC

Trang

Phần I - CƠ HỌC

CHƯƠNG I Động học chất điểm

CHƯƠNG II Động lực học chất điểm

CHƯƠNG III Tĩnh học vật rắn

CHƯƠNG IV Các định luật bảo toàn

CHƯƠNG V Cơ học chất lưu

Phần II - NHIỆT HỌC

CHƯƠNG VI Chất khí

CHƯƠNG VII Chất rắn và chất lỏng. Sự chuyển thể

CHƯƠNG VIII Cơ sở của nhiệt động lực học

Chịu trách nhiệm xuất bản : Chủ tịch HĐQT kiêm Tổng Giám đốc **NGÔ TRẦN ÁI**
Phó Tổng Giám đốc kiêm Tổng biên tập **NGUYỄN QUÝ THAO**

Biên tập nội dung : **PHẠM THỊ NGỌC THẮNG - NGUYỄN TIẾN BÌNH**
Biên tập mĩ thuật : **TẠ THANH TÙNG**
Biên tập kĩ thuật và trình bày : **TRẦN THU HƯƠNG**
Trình bày bìa : **TẠ THANH TÙNG**
Sửa bản in : **PHÒNG SỬA BẢN IN** (NXB GIÁO DỤC TẠI HÀ NỘI)
Chế bản : **PHÒNG CHẾ BẢN** (NXB GIÁO DỤC TẠI HÀ NỘI)

Trong sách có sử dụng một số tư liệu ảnh của Thông tấn xã Việt Nam và các tác giả khác.

VẬT LÍ 10 - NÂNG CAO
Mã số : NH005M6

In 15.000 cuốn (QĐ31), khổ 17 x 24 cm.
In tại Công ty CP In Phú Thọ.
Số in: 201. Số xuất bản: 51-2006/CXB/47-30/GD.
In xong và nộp lưu chiểu tháng 8 năm 2006.





SÁCH GIÁO KHOA LỚP 10

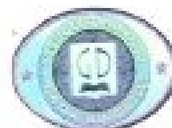
1. TOÁN HỌC
   - ĐẠI SỐ 10 • HÌNH HỌC 10
2. VẬT LÍ 10
3. HOÁ HỌC 10
4. SINH HỌC 10
5. NGỮ VĂN 10 (tập một, tập hai)
6. LỊCH SỬ 10
7. ĐỊA LÍ 10
8. TIN HỌC 10
9. CÔNG NGHỆ 10
10. GIÁO DỤC CÔNG DÂN 10
11. NGOẠI NGỮ
    - TIẾNG ANH 10 • TIẾNG PHÁP 10
    - TIẾNG NGA 10 • TIẾNG TRUNG QUỐC 10

SÁCH GIÁO KHOA LỚP 10 - NÂNG CAO

Ban Khoa học Tự nhiên :
- TOÁN HỌC (ĐẠI SỐ 10, HÌNH HỌC 10)
- VẬT LÍ 10 • HOÁ HỌC 10 • SINH HỌC 10

Ban Khoa học Xã hội và Nhân văn :
- NGỮ VĂN 10 (tập một, tập hai)
- LỊCH SỬ 10 • ĐỊA LÍ 10
- NGOẠI NGỮ (TIẾNG ANH 10, TIẾNG PHÁP 10, TIẾNG NGA 10, TIẾNG TRUNG QUỐC 10)





Giá : 14.800đ